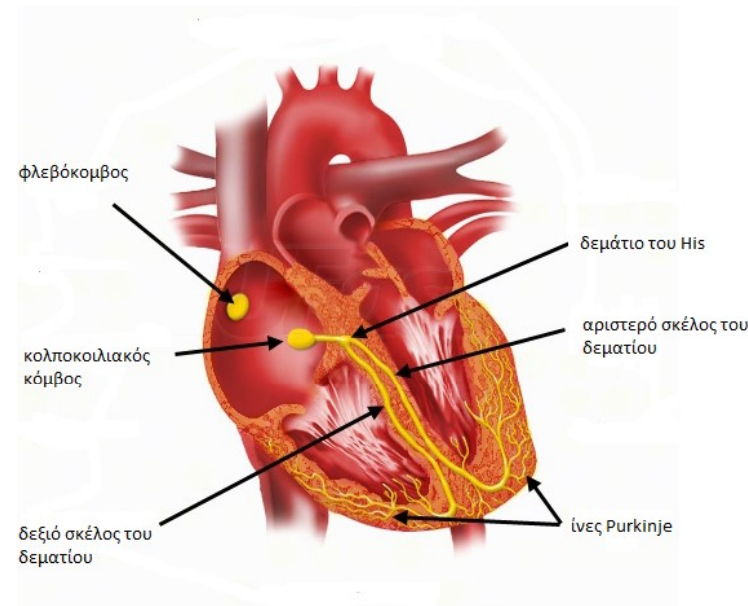


Δυναμικό ενεργείας - Ερεθισματοαγωγό σύστημα Φυσιολογικό ΗΚΓ

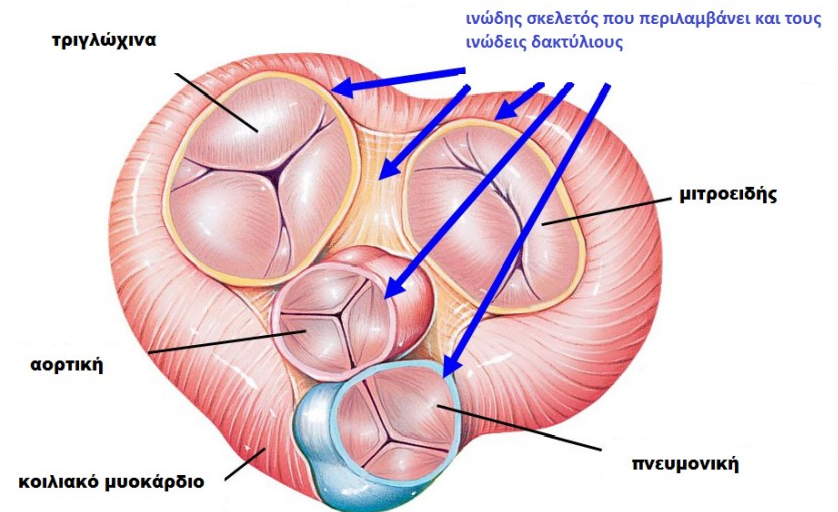
Γ Λεβεντόπουλος
Επιμ Α΄Καρδιολογίας ΠΓΝΠ

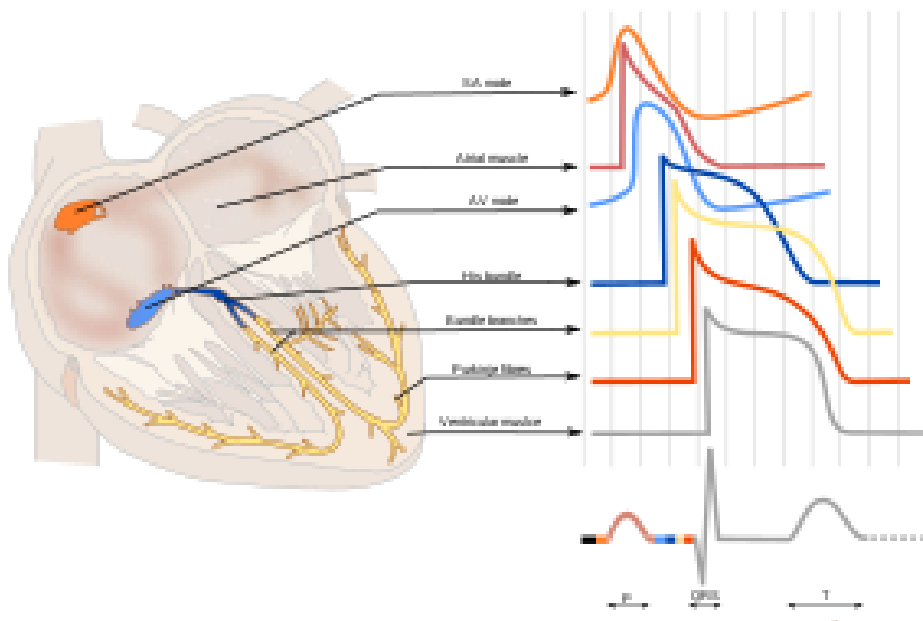
3/4/2024

- Ο φυσιολογικός ρυθμός της καρδιάς είναι 60-100 σφύξεις και ονομάζεται φλεβοκομβικός. Λαμβάνει την ονομασία του επειδή η αρχική διέγερση (εκπόλωση) του μυοκαρδίου είναι στο «φλεβόκομβο» μια περιοχή στο άνω οπισθοπλάγιο μέρος του δεξιού κόλπου κοντά στη συμβολή με την άνω κοίλη φλέβα. Η εκπόλωση του μυοκαρδίου γίνεται κατά τέτοιο τρόπο που οι κόλποι και οι κοιλίες διεγείρονται με αναλογία 1:1 κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου. Οποιαδήποτε δραστηριότητα εμπίπτει εκτός αυτού του φυσιολογικού πλαισίου αποτελεί αρρυθμία.
- Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί κάτι που δημιουργεί παρεξήγηση σε σχέση με τον τρόπο που ο γενικός πληθυσμός αντιλαμβάνεται και χρησιμοποιεί τον όρο αρρυθμία. Ακόμα και στην περίπτωση που η καρδιά πάλλεται σε ισόχρονα (ρυθμικά) διαστήματα αλλά >100 ή <60 σφύξεις αυτό αποτελεί μια ταχυαρρυθμία ή βραδυαρρυθμία αντίστοιχα, ασχέτως αν η δραστηριότητα είναι ρυθμική.
- Οι αρρυθμίες διακρίνονται σε δυο βασικά είδη τις ταχυ- και βραδυαρρυθμίες.

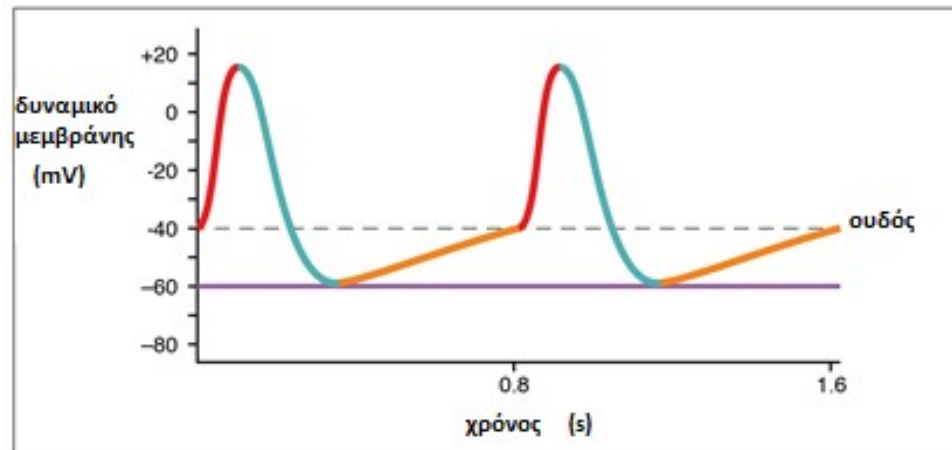


- Η ηλεκτρική δραστηριότητα είναι φυσικό και επόμενο να μεταφερθεί σε ολόκληρη την καρδιακή μάζα.
- Η μεταφορά του ερεθίσματος γίνεται σε κυτταρικό επίπεδο μέσω των χασματικών συνδέσεων (gap junctions).
- Το ηλεκτρικό ρεύμα θα επιλέξει το συντομότερο δρόμο, δηλαδή την οδό με την μικρότερη ηλεκτρική αντίσταση.
- Οι κόλποι και οι κοιλίες συμπεριφέρονται ως συγκύτια και η εκπόλωση κάθε συγκυτίου γίνεται σχεδόν ακαριαία.
- Σε κυτταρικό επίπεδο η εκπόλωση του καρδιακού κυττάρου γίνεται με τη συμμετοχή ιόντων νατρίου, καλίου και ασβεστίου. Οι δυο βασικές ομάδες των καρδιακών κυττάρων διακρίνονται σε αυτή του ερεθισματοαγωγού συστήματος (**καρδιακά κύτταρα αγωγής**) και αυτή της οποίας τα καρδιακά κύτταρα ευθύνονται για τη καρδιακή συστολή (**καρδιακά κύτταρα σύσπασης**)

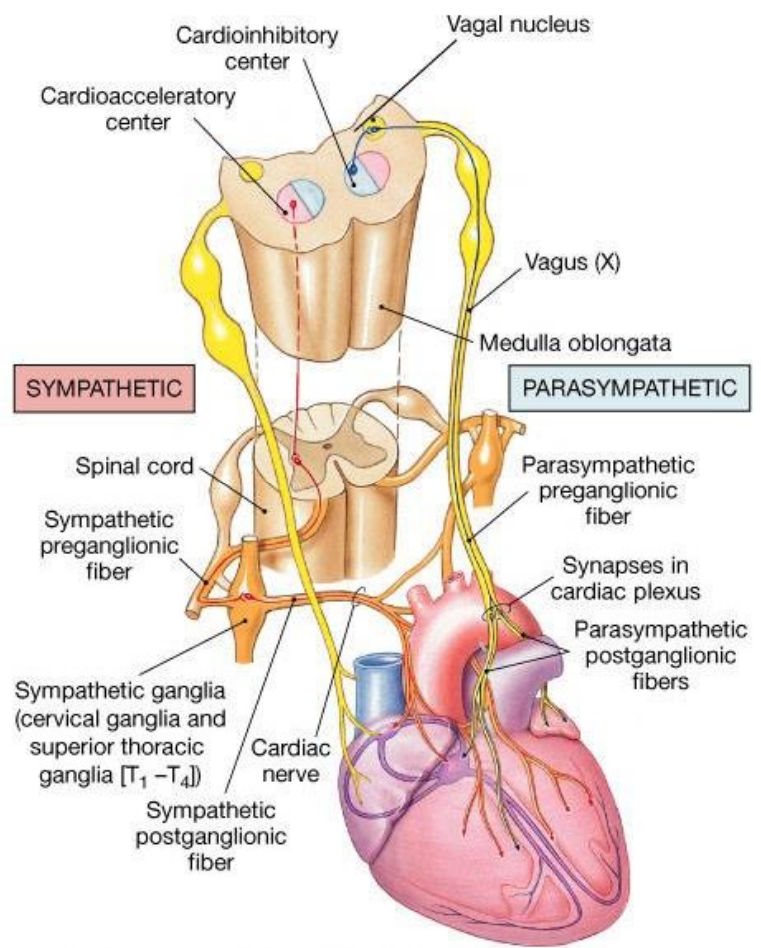
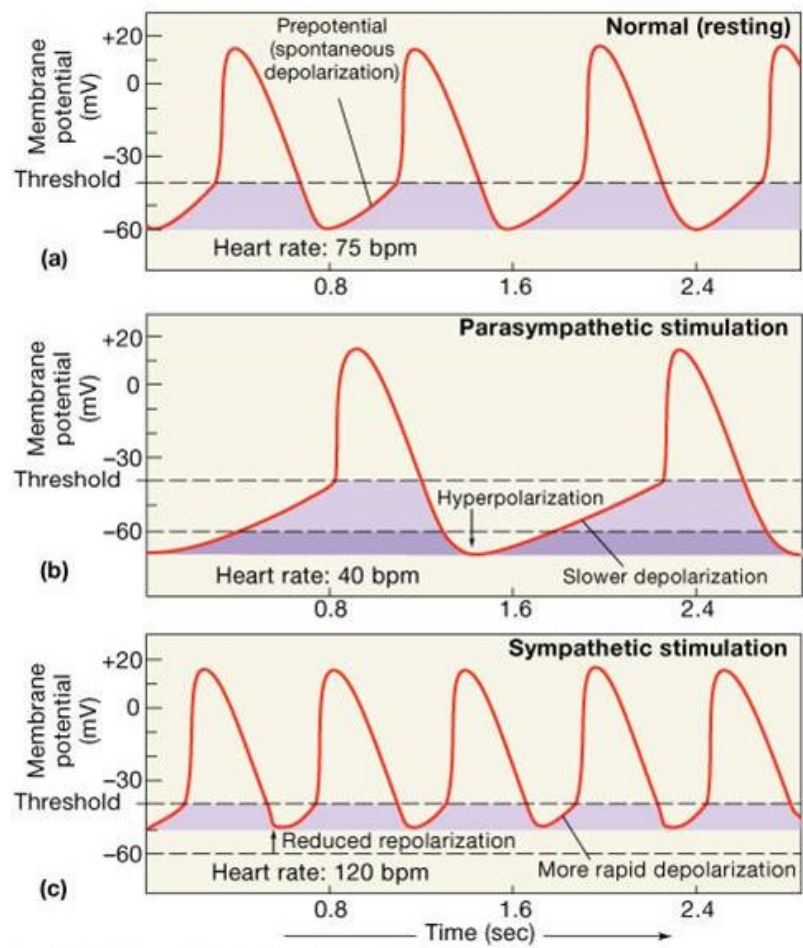


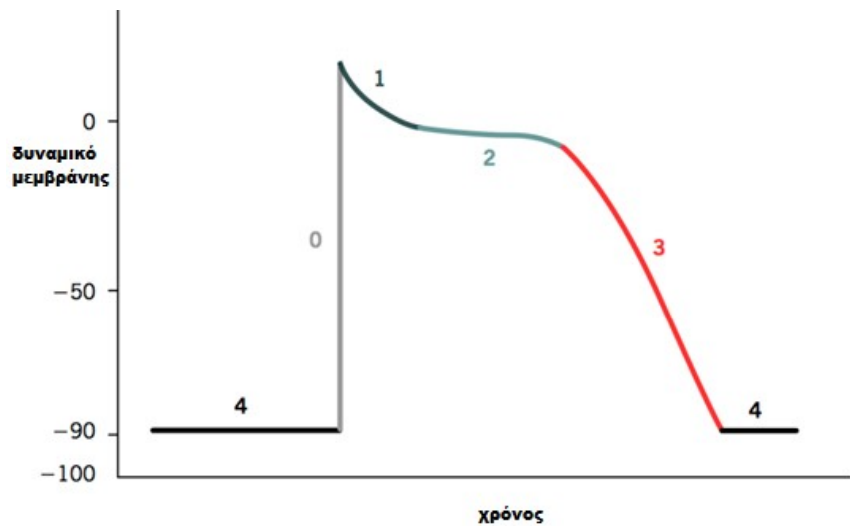


Απαραίτητη προϋπόθεση για τη απαρχή της ηλεκτρικής δραστηριότητας είναι ύπαρξη αυτοματικότητας και ορίζεται η ιδιότητα των καρδιακών κυττάρων να υπόκεινται σε αυτόματη εκπόλωση κατά τη φάση 4 ακόμα και στην απουσία εξωτερικού ερεθίσματος. Η φυσιολογική αυτοματία – όπως ονομάζεται η παραπάνω ιδιότητα περιλαμβάνει την αργή και προοδευτική μείωση του δυναμικού ηρεμίας κατά τη διάρκεια της διαστολής μέσω της βραδείας εισόδου ιόντων Na^+ στο καρδιακό κύτταρο (Εικόνα 3). Όταν το δυναμικό της μεμβράνης φτάσει τον ουδό των -40mV , τότε ξεκινά η φάση της εκπόλωσης (είσοδος ιόντων Ca^{++}) και της επαναπόλωσης (έξοδος ιόντων K^+).



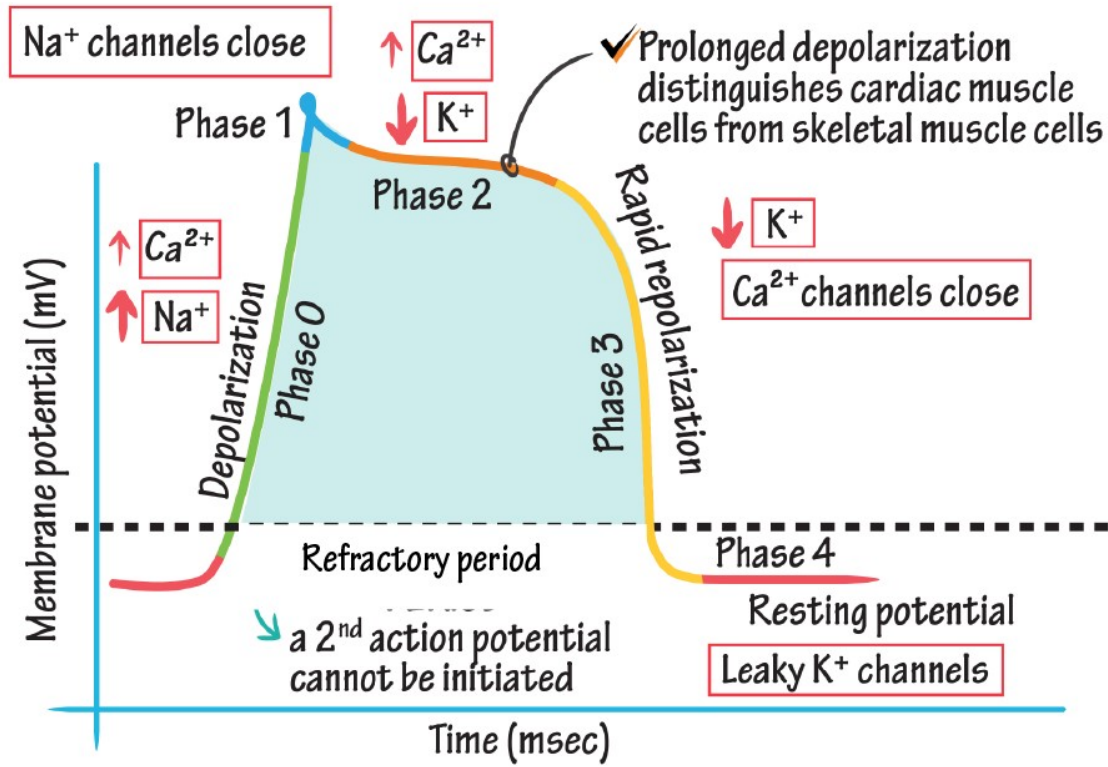
Απεικονίζεται στο διάγραμμα το δυναμικό μεμβράνης του καρδιακού κυττάρου στο **φλεβόκομβο**. Σταδιακά το δυναμικό μειώνεται (σε απόλυτη τιμή) λόγω εισόδου ιόντων Na^+ (πορτοκαλί τμήμα) μέχρι τα -40mV . Σε αυτό το σημείο βρίσκεται ο ουδός της καρδιακής μεμβράνης που πυροδοτεί την είσοδο ιόντων Ca^{++} (κόκκινο τμήμα) και ακολουθεί η επαναπόλωση μέσω της εξόδου ιόντων K^+ (μπλε τμήμα).

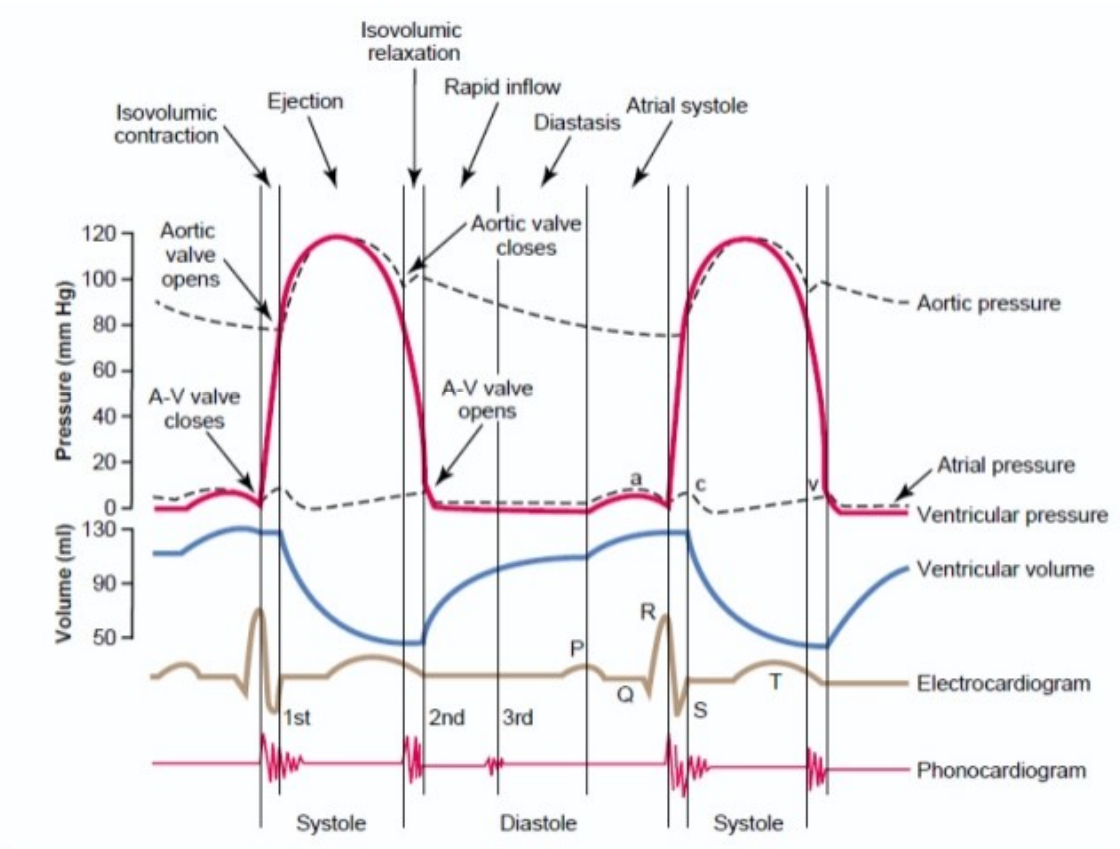
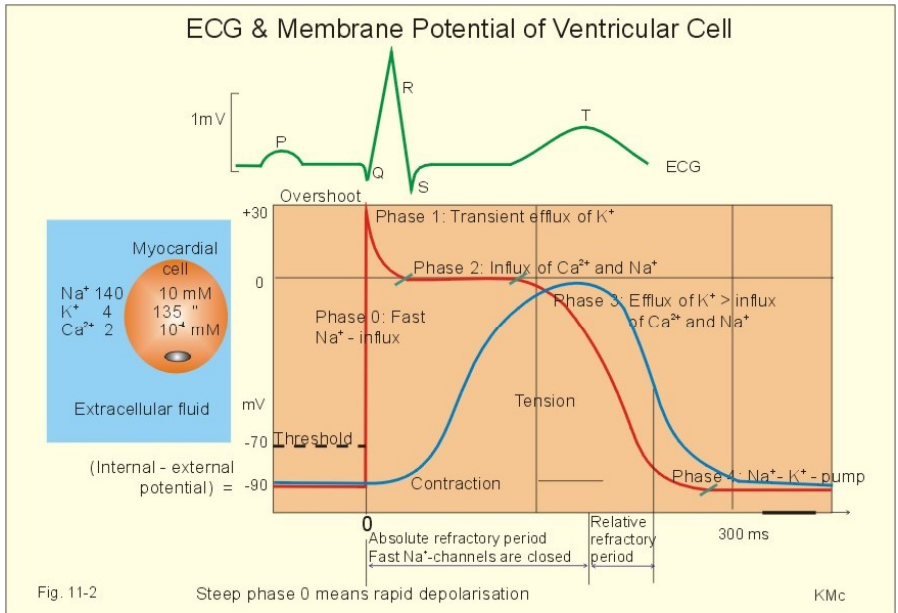




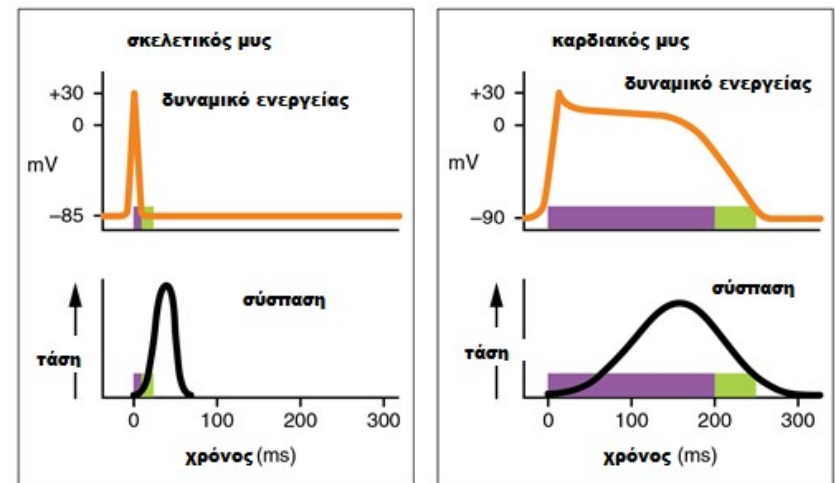
Τα κύτταρα συστολής δε δημιουργούν το δικό τους δυναμικό ενεργείας από μόνα τους, αλλά αυτό συμβαίνει όταν διεγερθούν από γειτονικά κύτταρα. Το δυναμικό ηρεμίας είναι -90mV και όταν ο ουδός φτάσει στην κυτταρική μεμβράνη τα -80mV , τότε επέρχεται **ταχεία** εκπόλωση του κυττάρου (**φάση 0**) έως $+30\text{mV}$ φάση, όπου ακολουθεί η **φάση 1** με είσοδο ιόντων K^+ . Έπειτα το κύτταρο εισέρχεται σε μια φάση ηλεκτρικής «ισορροπίας» μέσω ταυτόχρονης εισόδου ιόντων Ca^{++} και εξόδου ιόντων K^+ (**φάση 2**). Ακολουθεί η επαναπόλωση του καρδιακού κυττάρου με την είσοδο ιόντων K^+ (**φάση 3**) και η **φάση 4** που αποτελεί το δυναμικό ηρεμίας

Cardiac Conduction



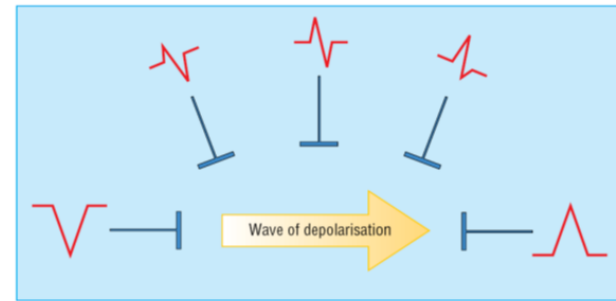


- Τα καρδιακά κύτταρα συστολής μπορούν να επαναδιεγερθούν όταν το δυναμικό βρίσκεται προς το τέλος της φάσης 3, που σηματοδοτεί το τέλος της ανερέθιστης περιόδου.
- Τα καρδιακά κύτταρα αγωγής δεν έχουν δυναμικό ηρεμίας
- Τα καρδιακά κύτταρα αγωγής δεν υπόκεινται σε ταχεία εκπόλωση ακριβώς διότι δε διαθέτουν διαύλους που να εξυπηρετούν ταχεία είσοδο ιόντων Na^+ .
- Τα καρδιακά κύτταρα αγωγής επίσης δε διαθέτουν φάση plateau σε αντίθεση με τα κύτταρα συστολής. Η φάση plateau απουσιάζει και στα σκελετικά μυϊκά κύτταρα. Χάριν σε αυτή τη φάση η συστολή έχει διάρκεια και σε πρακτικό επίπεδο αυτό ευοδώνει την εξώθηση του αίματος κατά την κοιλική και κοιλιακή συστολή
- Η χρονική διάρκεια από τη φάση 0 μέχρι και το τέλος της φάσης 3 αντιστοιχεί με το QT διάστημα στο ΗΚΓ και τη καρδιακή συστολή στον καρδιακό κύκλο, ενώ η φάση 0 αντιστοιχεί σε μεγάλο βαθμό με το QRS διάστημα. Επομένως, αντιαρρυθμικά φάρμακα που δρουν σε διάφορους διαύλους επηρεάζουν με τη σειρά και αντίστοιχα διαστήματα στο ΗΚΓ.

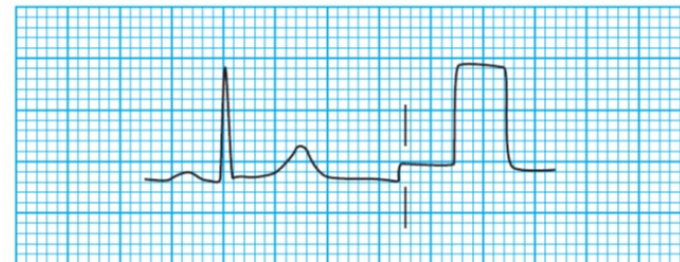


Standard calibration
25 mm/s
0.1 mV/mm

Electrical impulse that travels **towards** the electrode produces an **upright (“positive”)** deflection relative to the isoelectric baseline

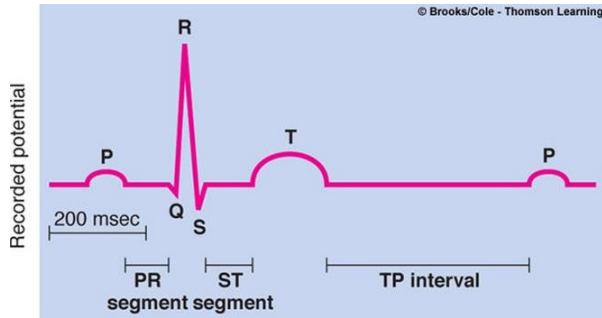
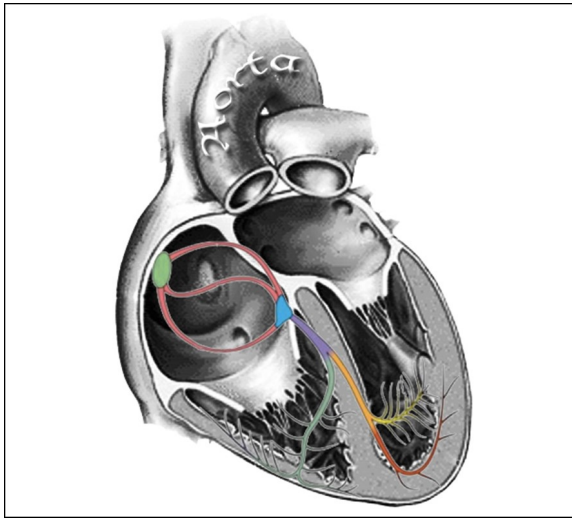


Wave of depolarisation. Shape of QRS complex in any lead depends on orientation of that lead to vector of depolarisation

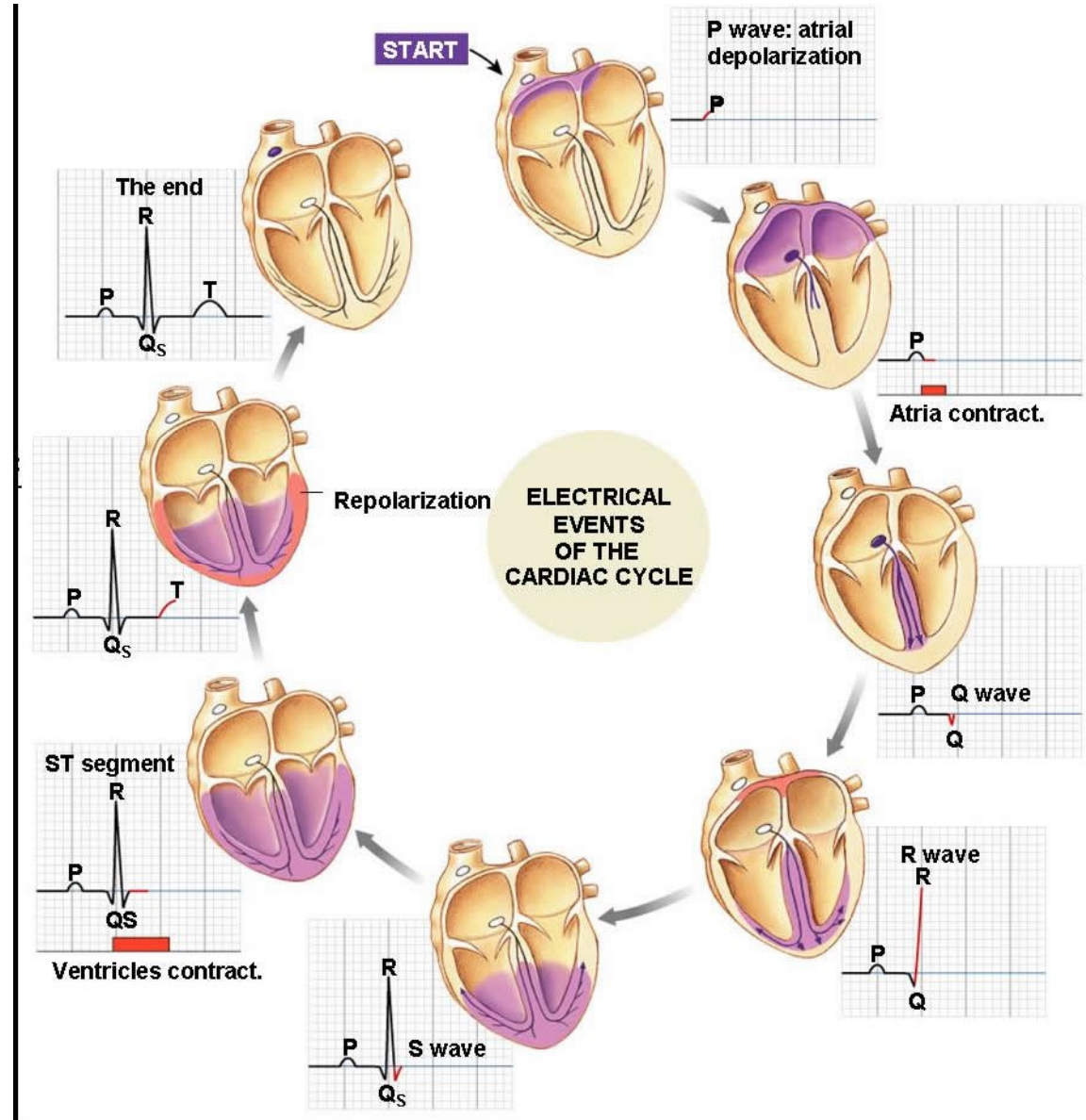


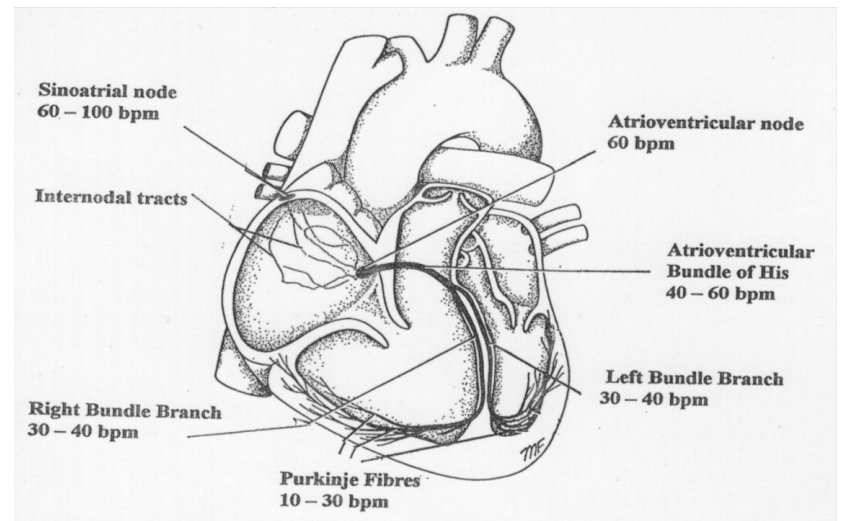
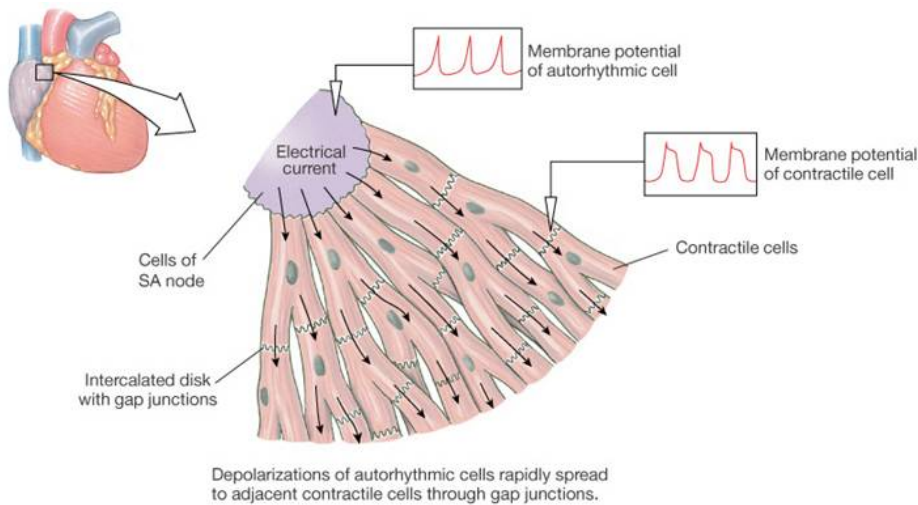
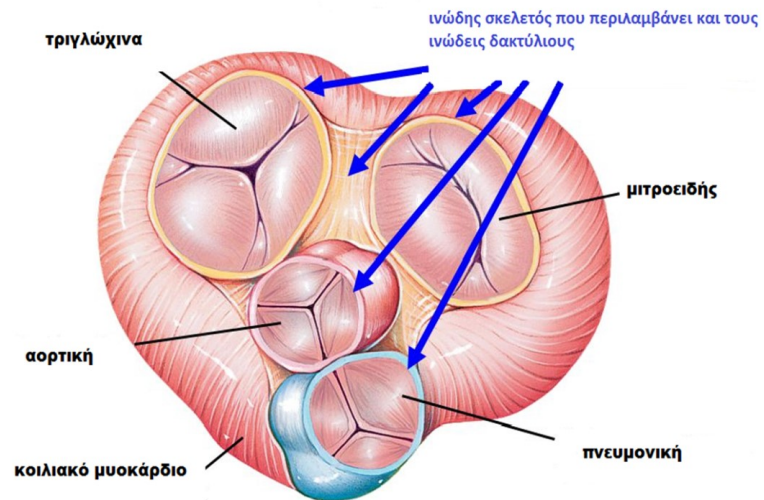
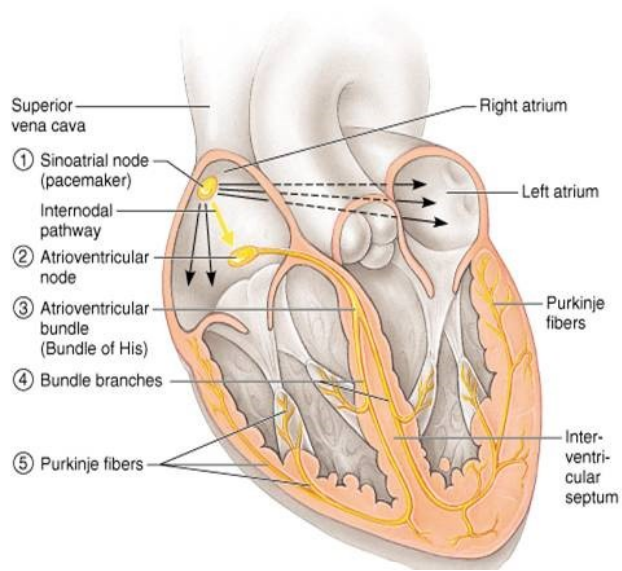
Speed : 25 mm/s Gain : 10 mm/mV

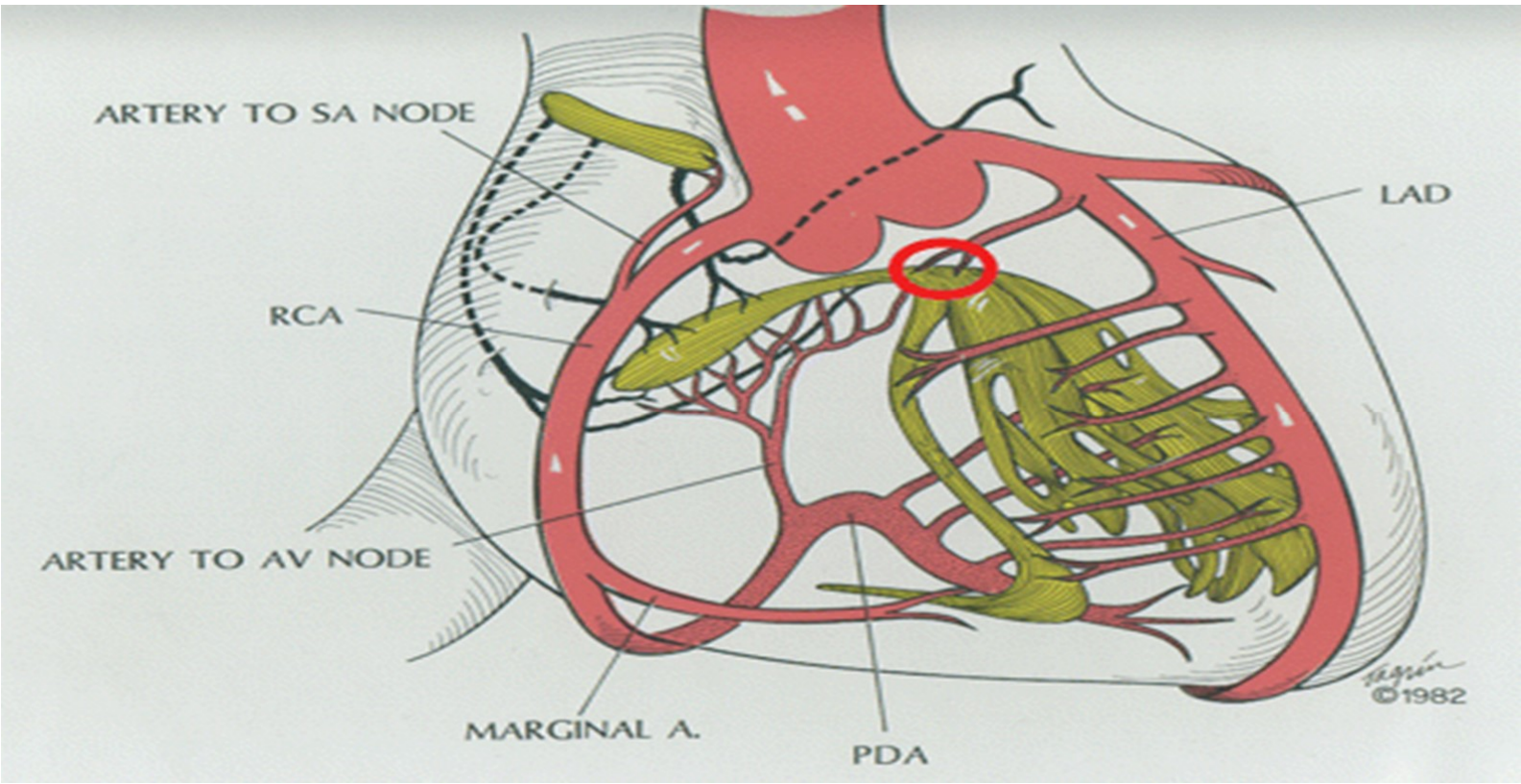
Standard calibration signal

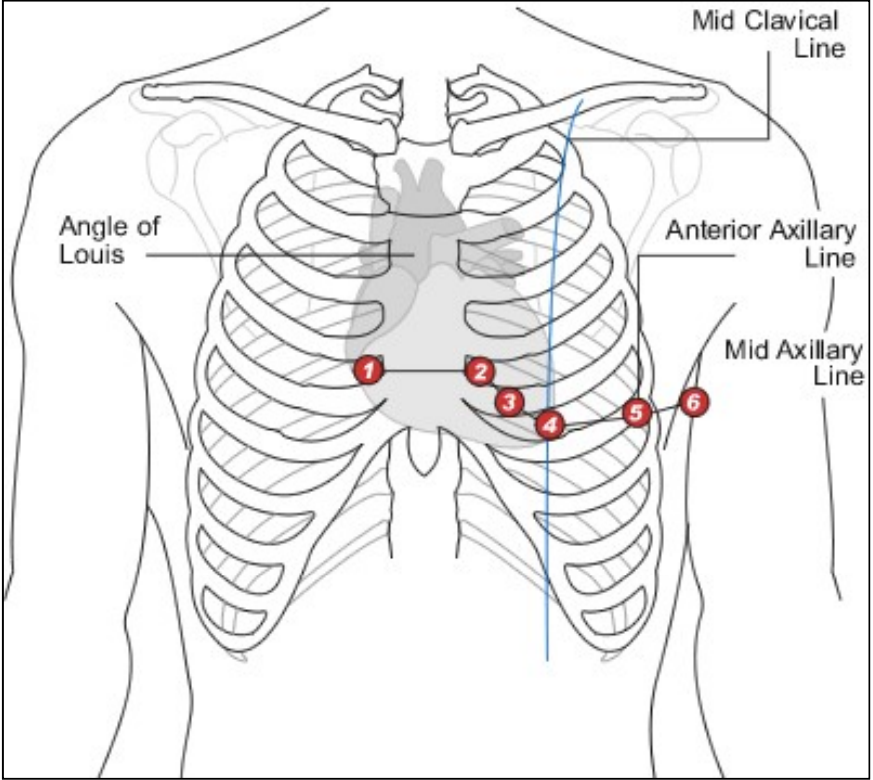


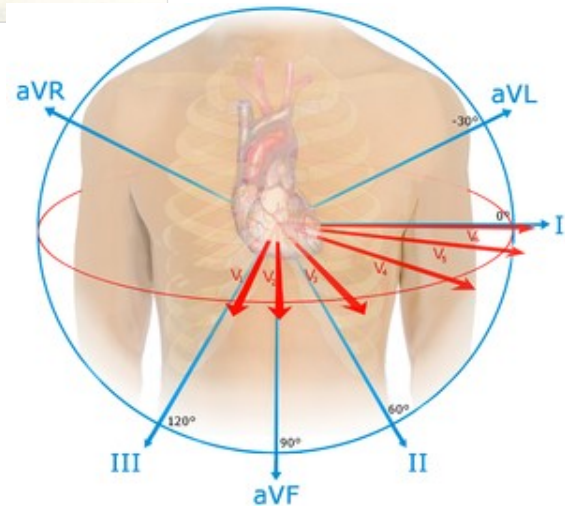
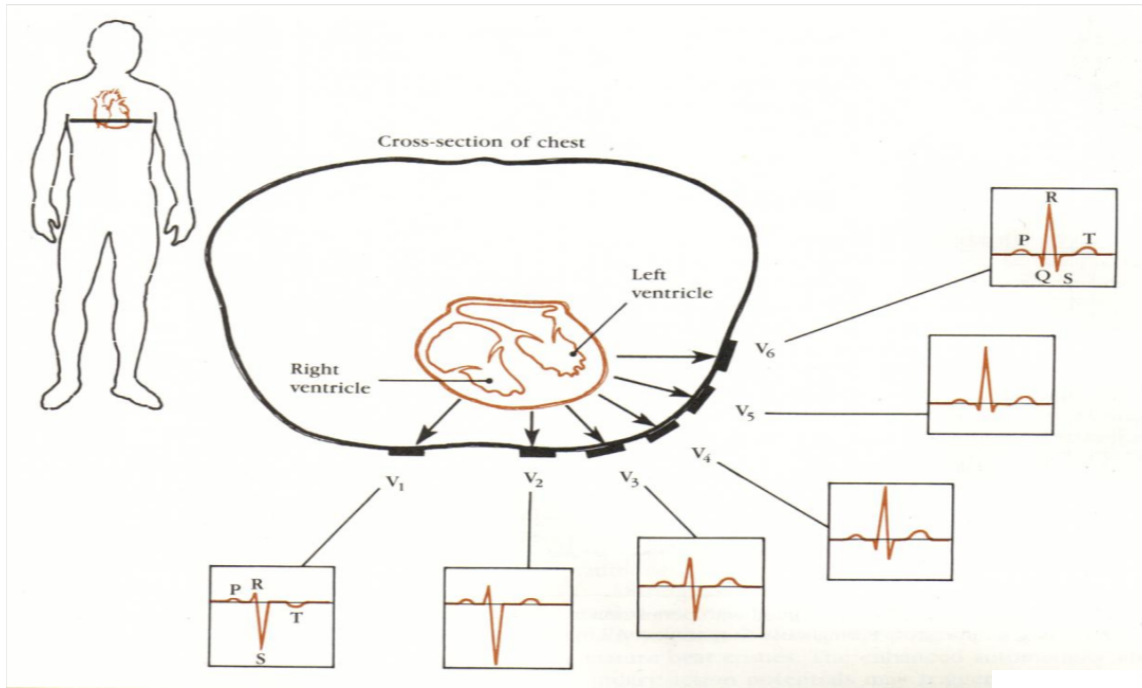
- P wave = Atrial depolarization
- PR segment = AV nodal delay
- QRS complex = Ventricular depolarization (atria repolarizing simultaneously)
- ST segment = Time during which ventricles are contracting and emptying
- T wave = Ventricular repolarization
- TP interval = Time during which ventricles are relaxing and filling



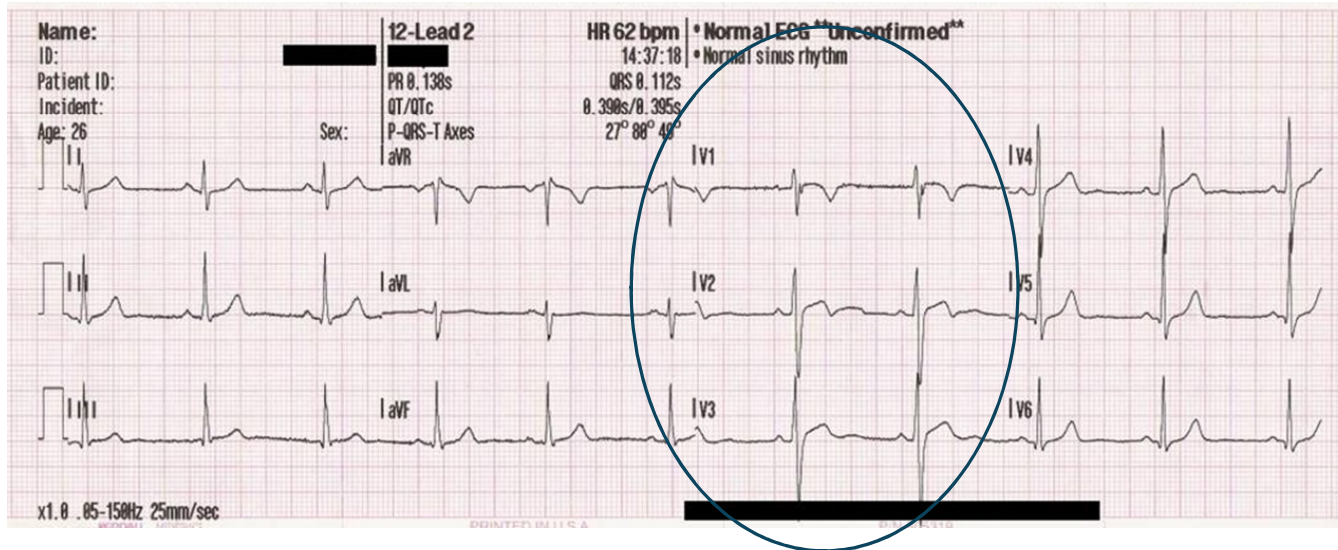
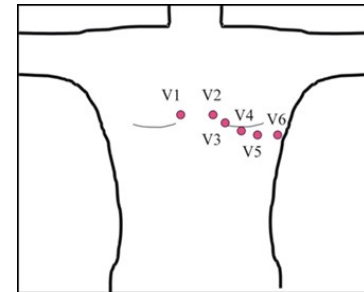




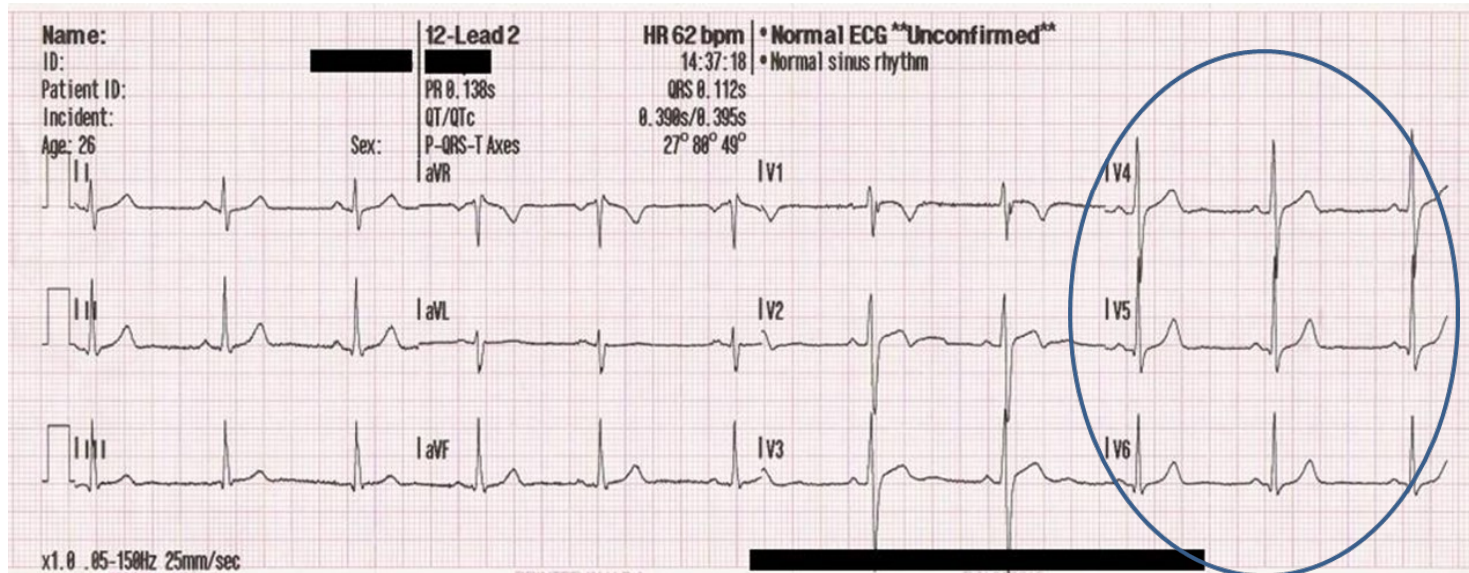
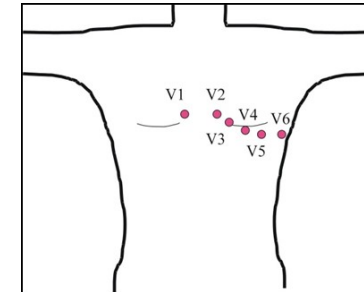




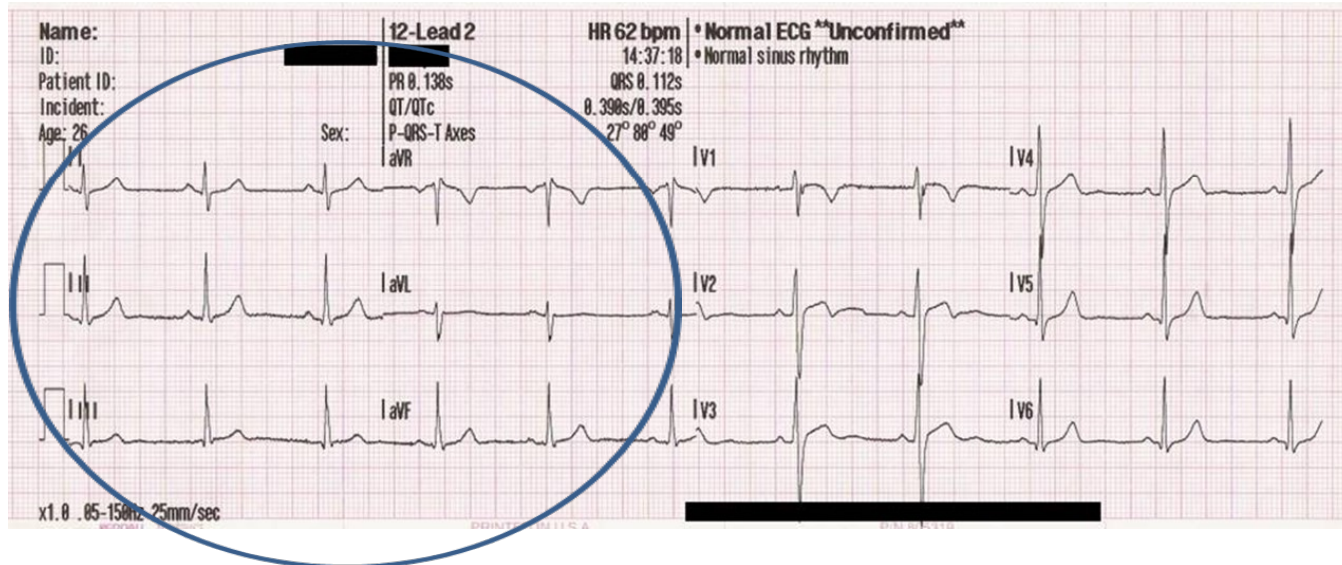
Δεξιές προκάρδιες απαγωγές



Αριστερές προκάρδιες απαγωγές



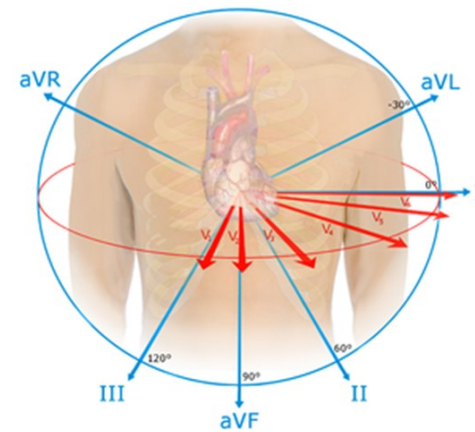
Απαγωγές των άκρων



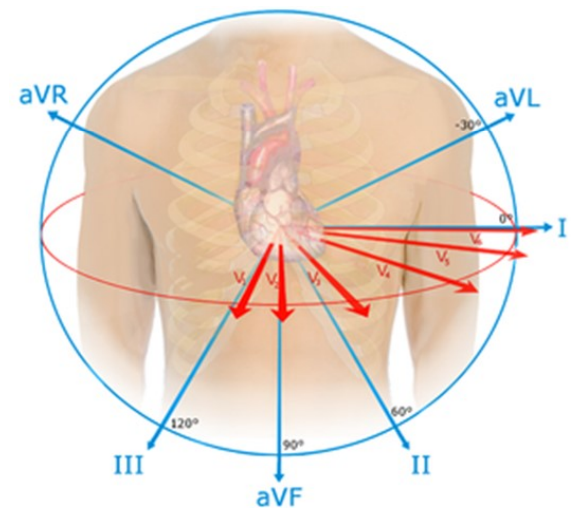
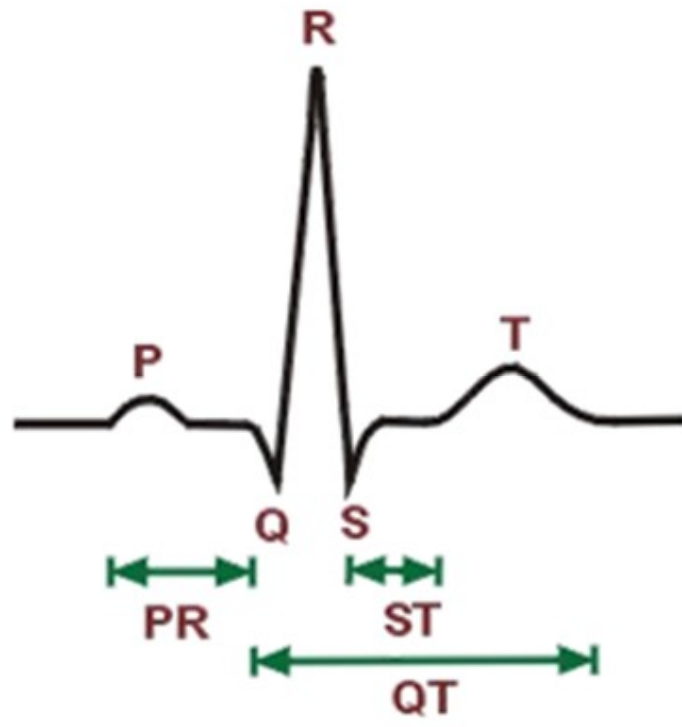
12 leads

Limb Leads		Precordial Leads	
Lead I	aVR	V1	V4
Lead II	aVL	V2	V5
Lead III	aVF	V3	V6

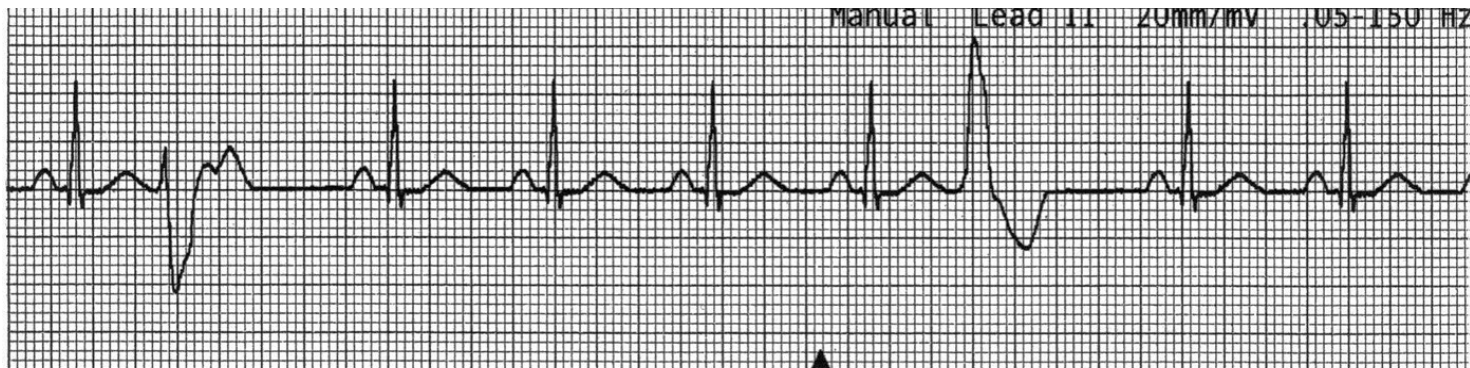
Contiguous Leads



Lead I	aVR	V1	V4
Lead II	aVL	V2	V5
Lead III	aVF	V3	V6

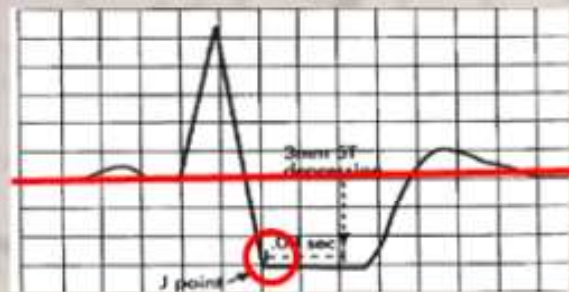
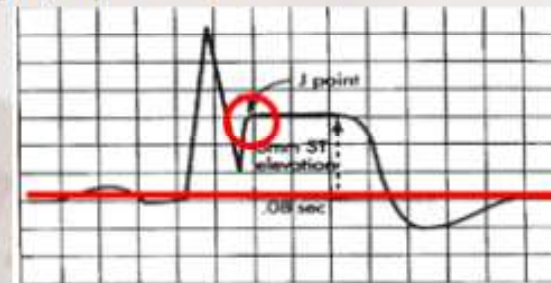
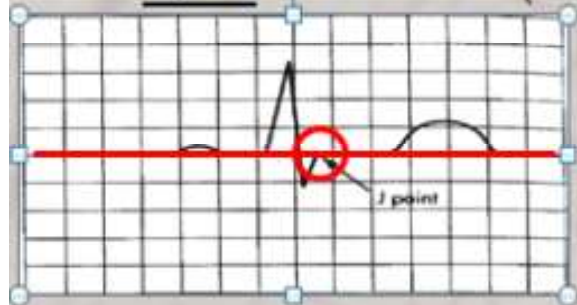


3. P wave = present, 1 per QRS, shape, duration, voltage.



4. P-R interval = length (0.12 - 0.2 sec = <1 big square), isoelectric.

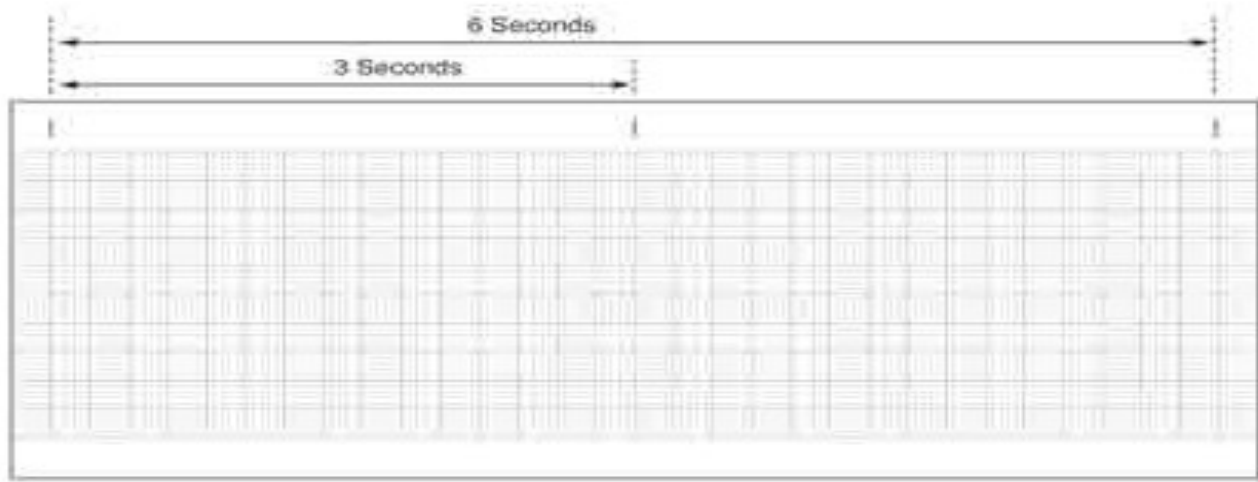
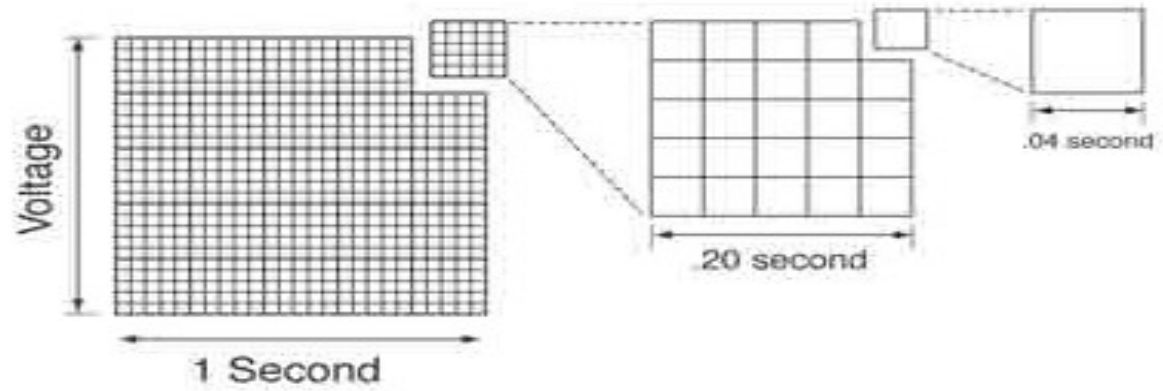
5. QRS = duration (0.06 - 0.10), voltage, q or Q waves



6. ST Segment = shape, isoelectric with PR segment

The 6-Step Method

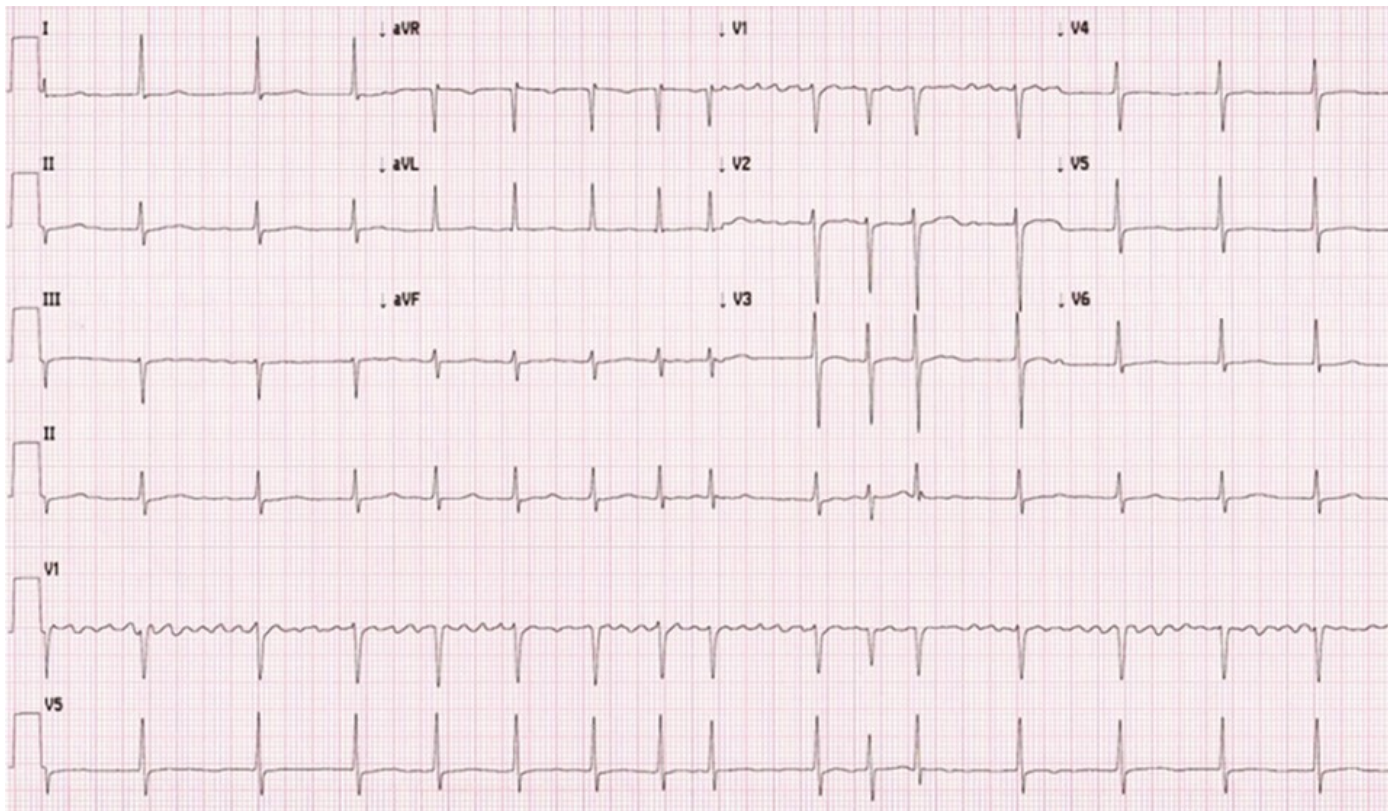
- 1. Rate & Rhythm
- 2. Axis Determination
- 3. Intervals
- 4. Morphology
- 5. STE-Mimics
- 6. Ischemia, Injury, & Infarct



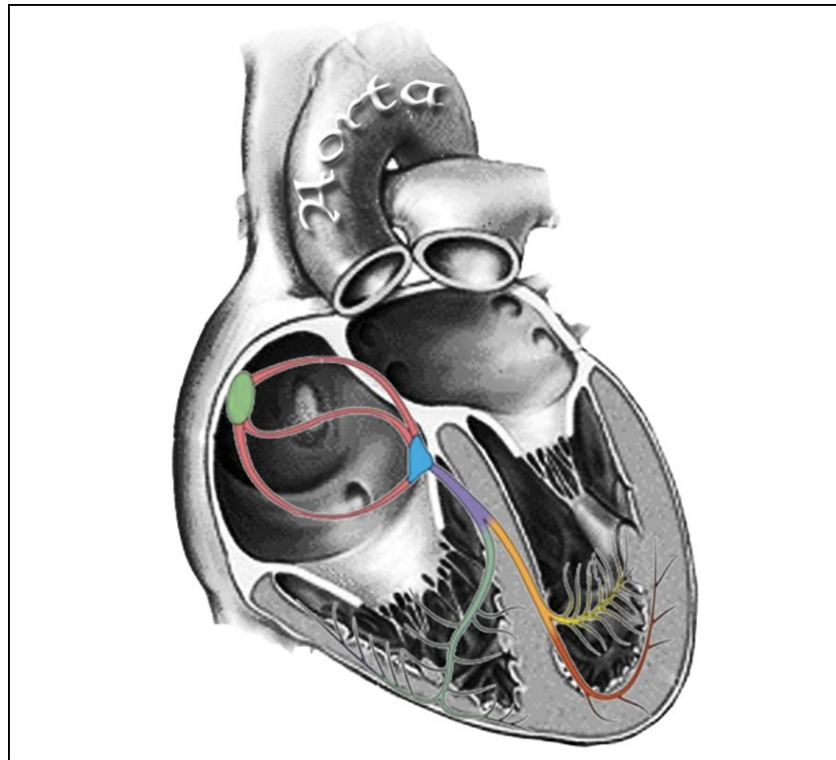
Υπολογισμός συχνότητας

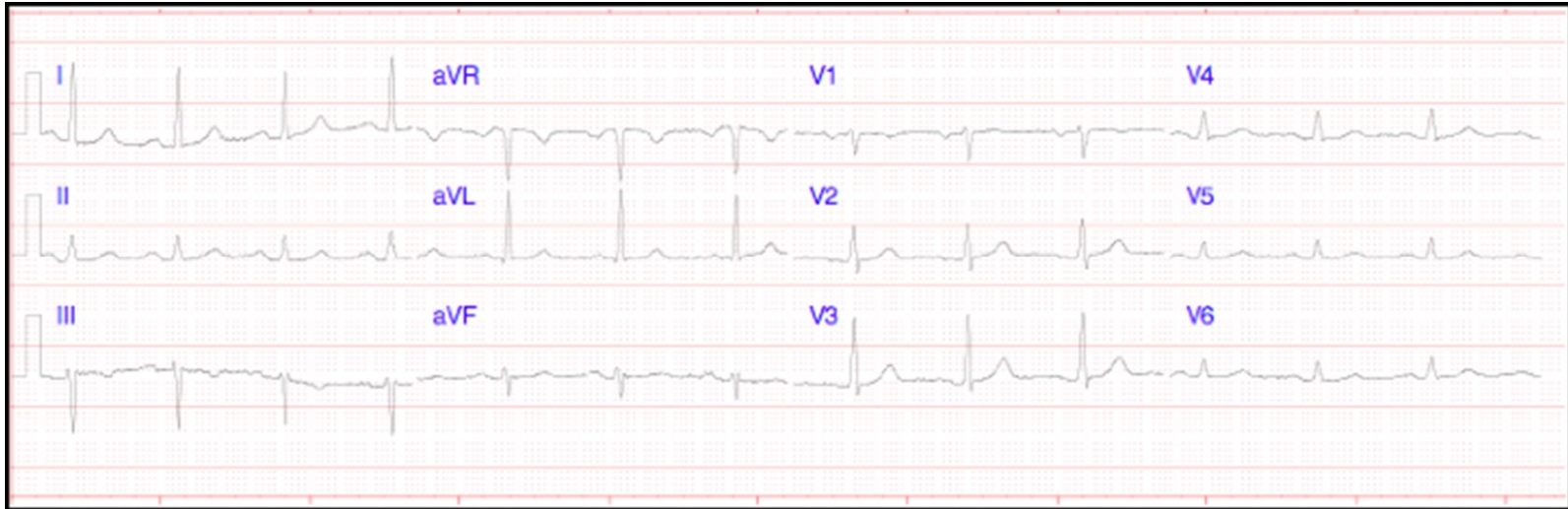


Υπολογισμός συχνότητας βάσει της μακράς απαγωγής



Φλεβοκομβικός ρυθμός





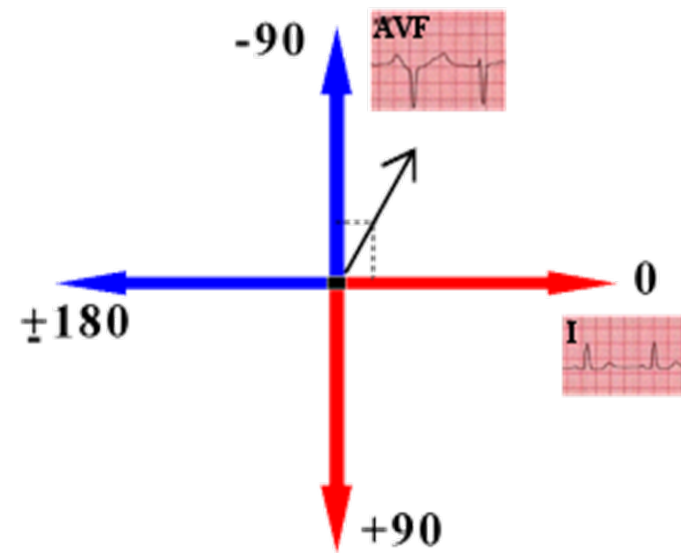
Φλεβοκομβικός ρυθμός

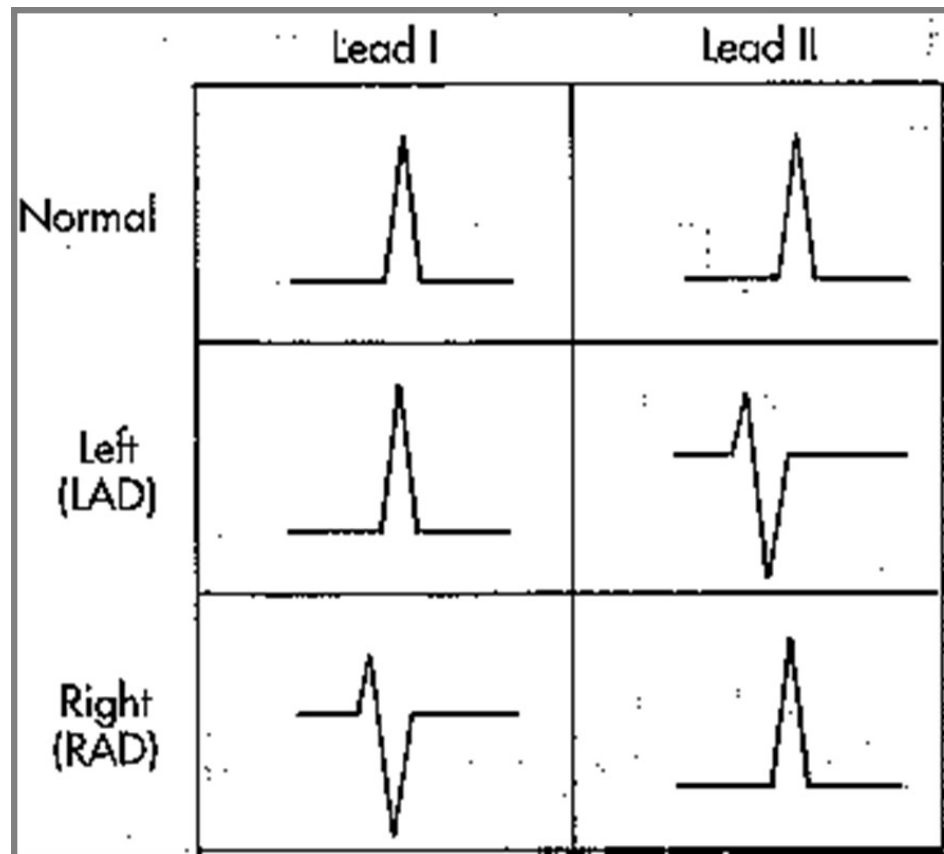
- Rate: 60 - 100 bpm
- Rhythm: Regularly Regular
- P wave: Present
- P:QRS ratio: 1 to 1
- PR-interval: Normal
- QRS Width: < 120 ms (0.12 sec)

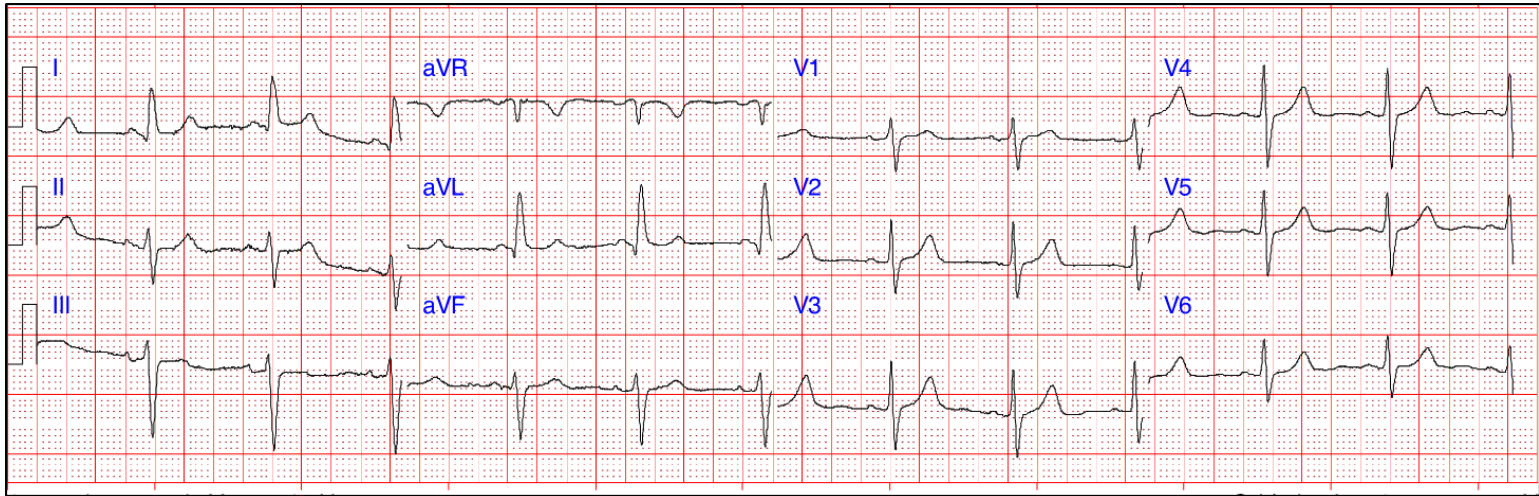


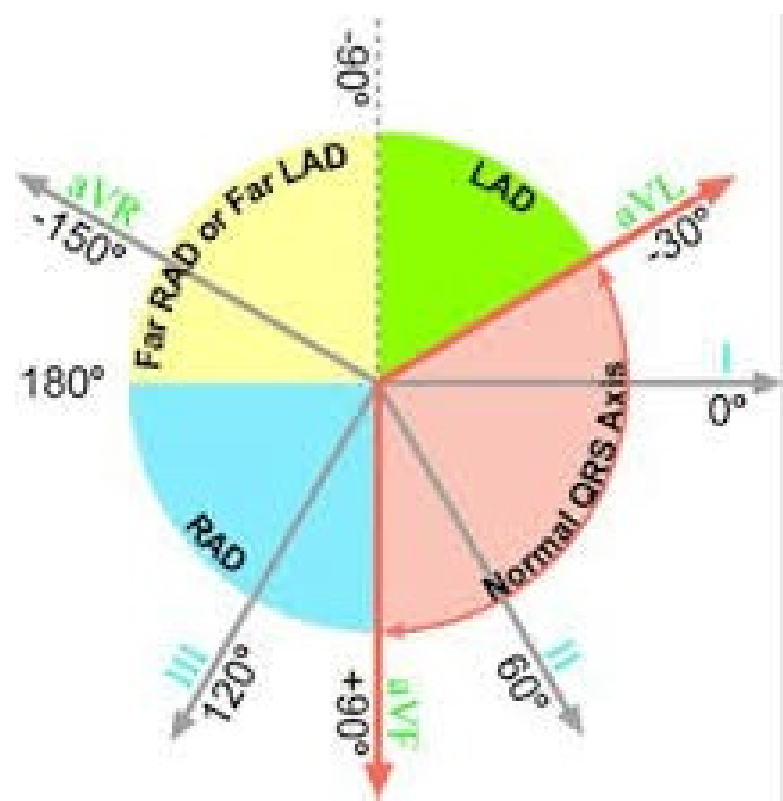
- 1. Rate & Rhythm
- 2. Axis Determination
- 3. Intervals
- 4. Morphology
- 5. STE-Mimics
- 6. Ischemia, Injury, & Infarct

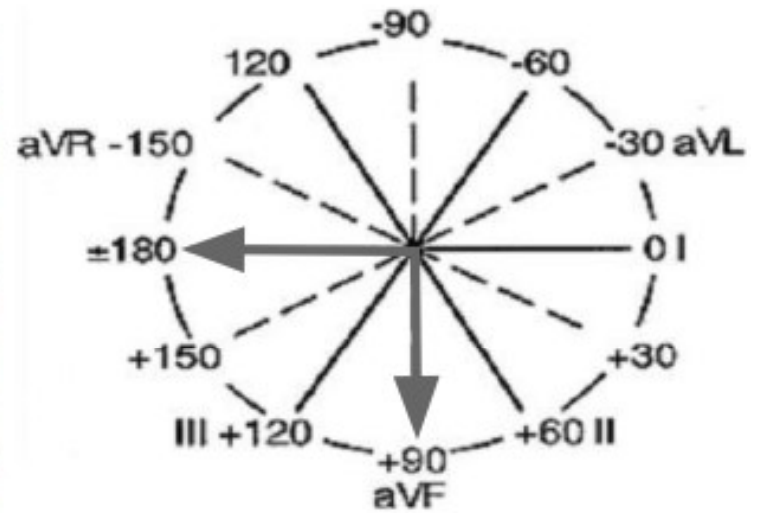
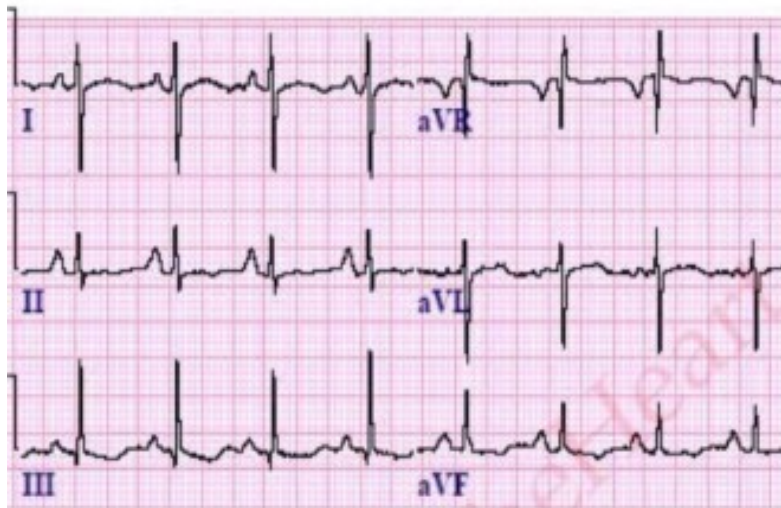
Αντιπροσωπεύει την κατεύθυνση της ηλεκτρικής δραστηριότητας στο μετωπιαίο άξονα











Right Axis Deviation of the QRS Axis:
 Negative in Lead I and positive in lead aVF

Frontal Plane Axis

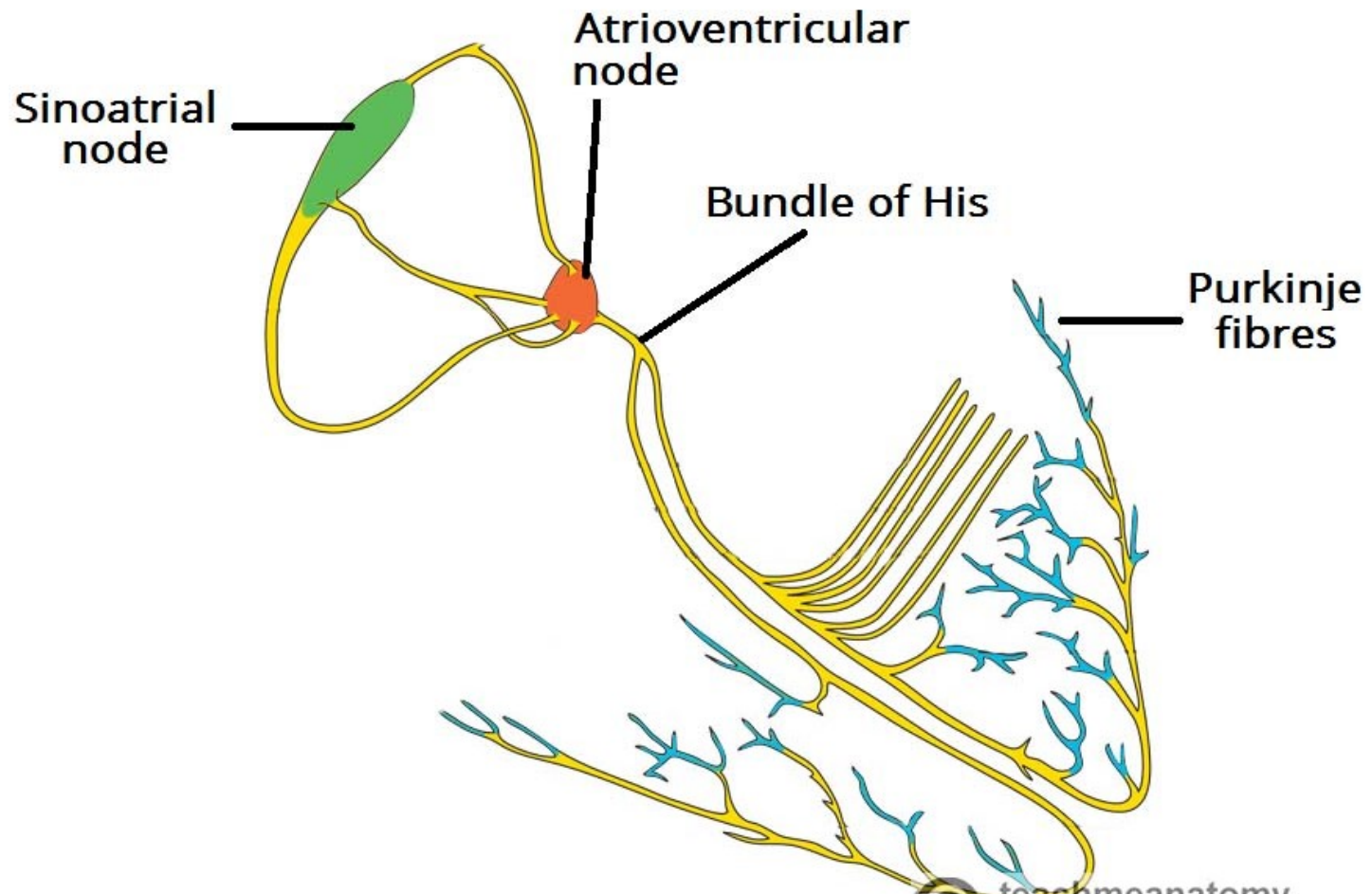
ERAD -90° to 180°	Right Axis Deviation 90° to 180°	Pathological Left Axis Deviation -30° to -90°
<ul style="list-style-type: none"> • Ventricular Rhythm • Paced Rhythm • Dextrocardia • Electrolyte derangement 	<ul style="list-style-type: none"> • May be normal • LPFB • Pulmonary disease • RVH • RBBB • WPW • Dextrocardia • Ventricular Rhythm 	<ul style="list-style-type: none"> • Pregnancy • LAFB • WPW • Pulmonary disease • LBBB • Hyperkalemia • Q-waves, MI

Left axis deviation

Normal variant (diaphragm elevation)
Left ventricular enlargement
Inferior myocardial infarction
Right-sided tension pneumothorax
Ventricular pacemaker
Left anterior hemiblock

Right axis deviation

Normal variant (children)
Right ventricular enlargement
Lateral myocardial infarction
Left-sided tension pneumothorax
Pulmonary embolism
Left posterior hemiblock

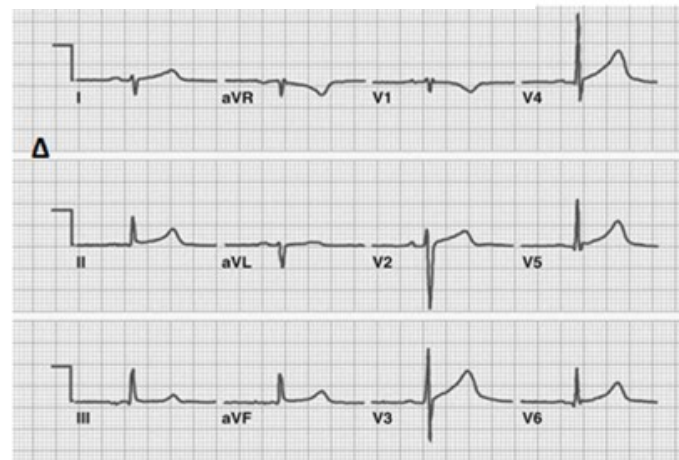
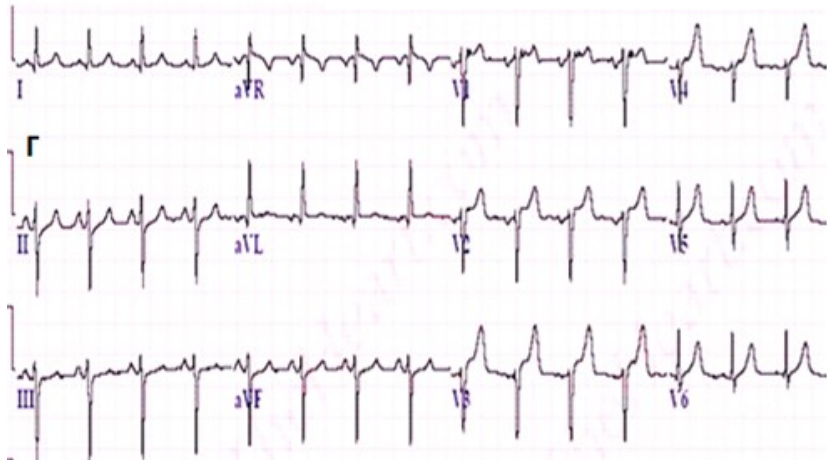
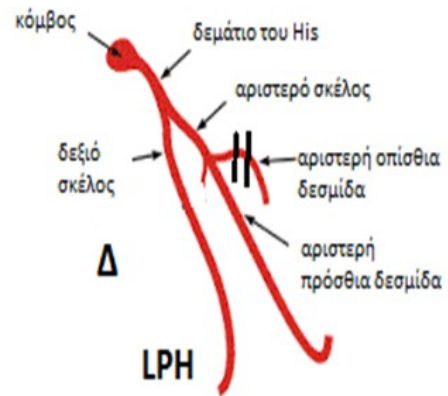
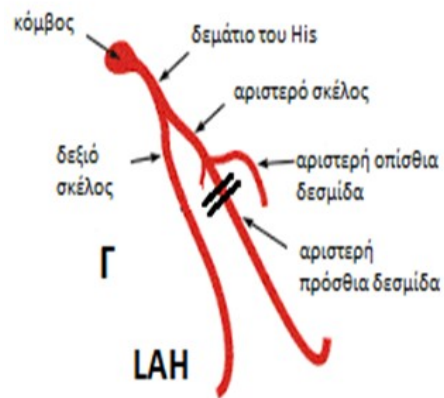


Sinoatrial node

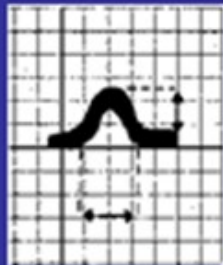
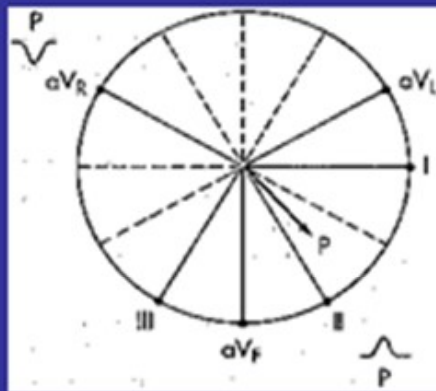
Atrioventricular node

Bundle of His

Purkinje fibres



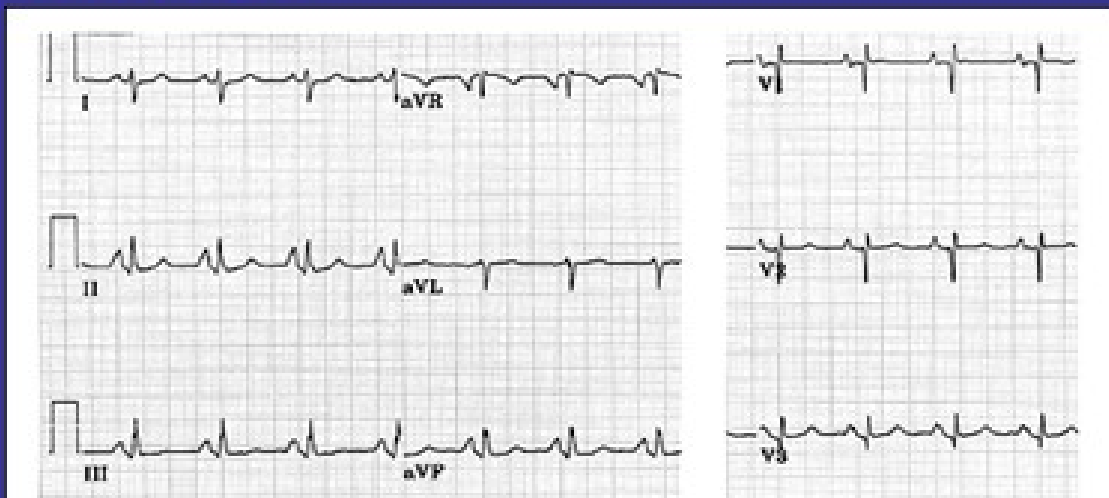
P wave



- Always positive in lead I and II in NSR
- Always negative in lead aVR in NSR
- < 3 small squares in duration
- < 2.5 small squares in amplitude
- Commonly biphasic in lead V1
- Best seen in leads II

Right Atrial Enlargement

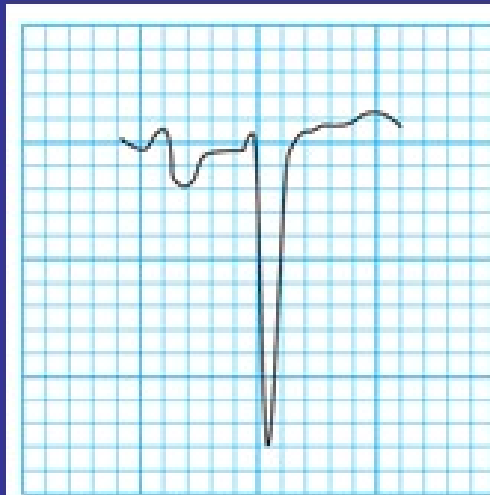
- Tall (> 2.5 mm), pointed P waves (P pulmonale)



© 1997 Frank G. Yanowitz, M.D.

Left Atrial Enlargement

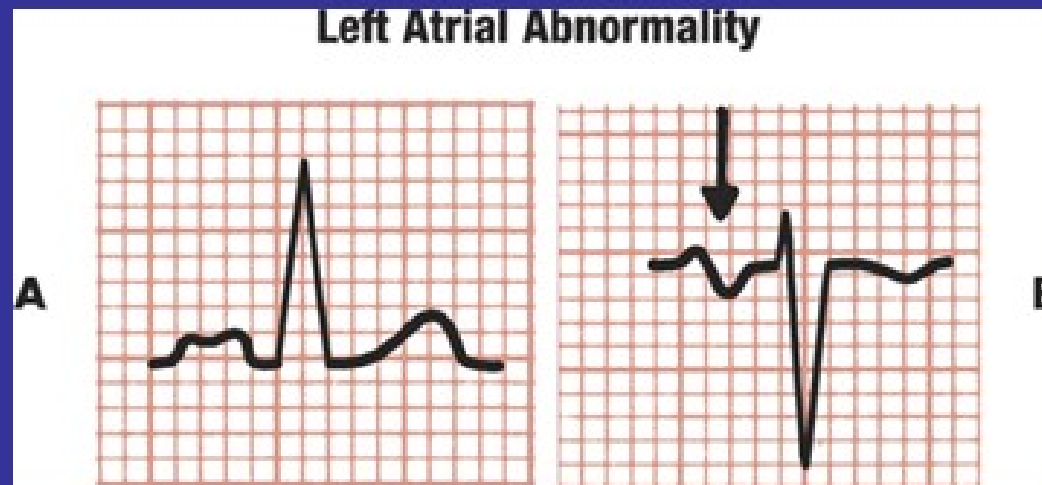
- Prominent terminal P negativity (biphasic) in lead V1 (i.e., "P-terminal force")
duration >0.04s, depth >1 mm



Biphasic P wave in V1. The large negative deflection indicates left atrial abnormality (enlarged to show detail)

Left Atrial Enlargement

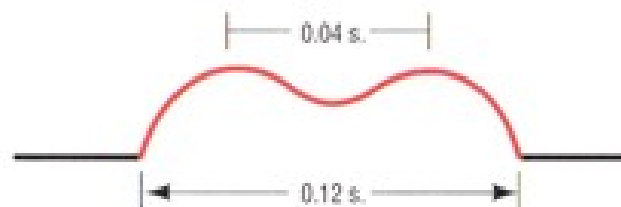
- Notched/bifid ('M' shaped) P wave (P 'mitrale') in limb leads with the inter-peak duration $> 0.04s$ (1 mm)

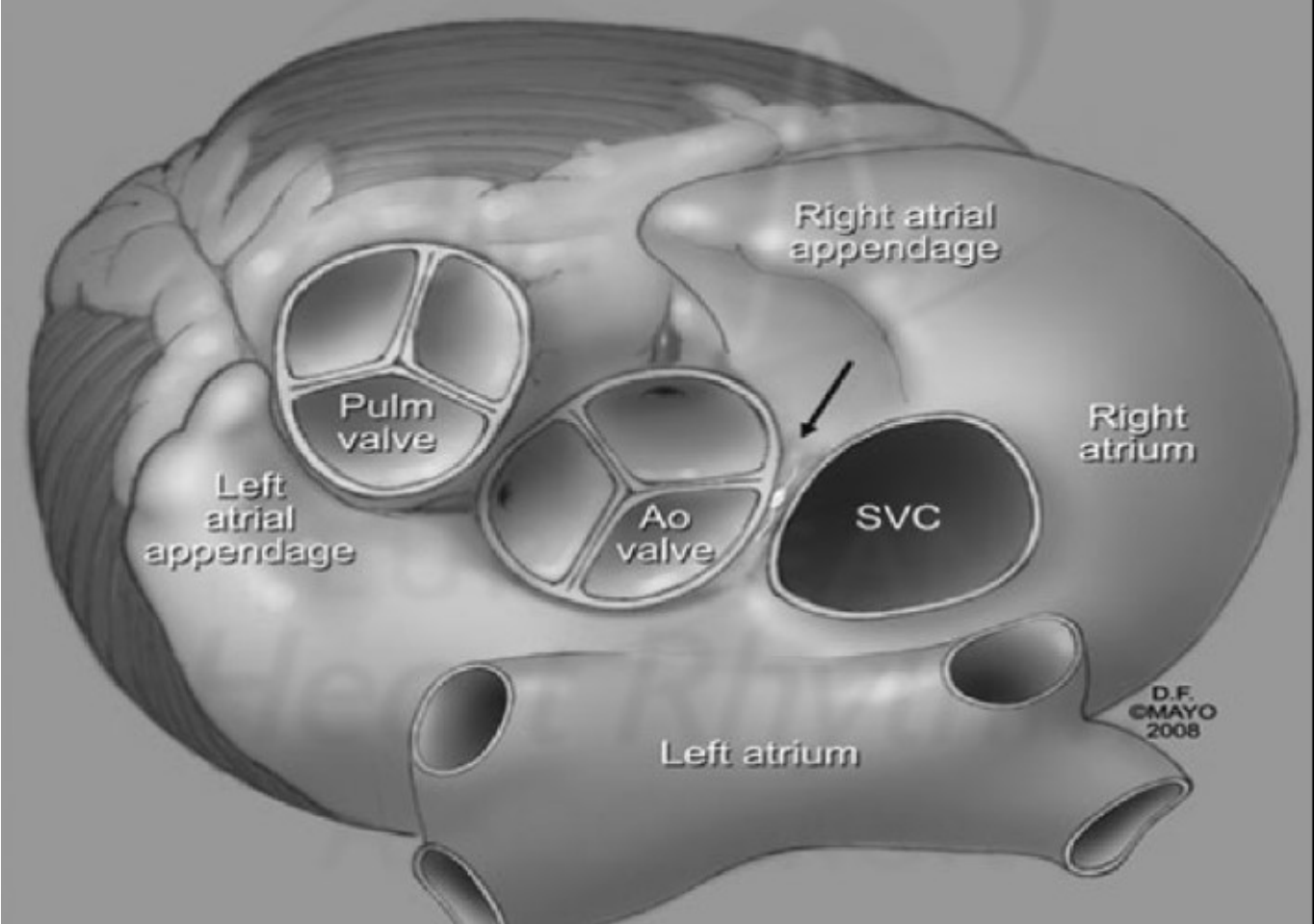


P Pulmonale and P Mitrale

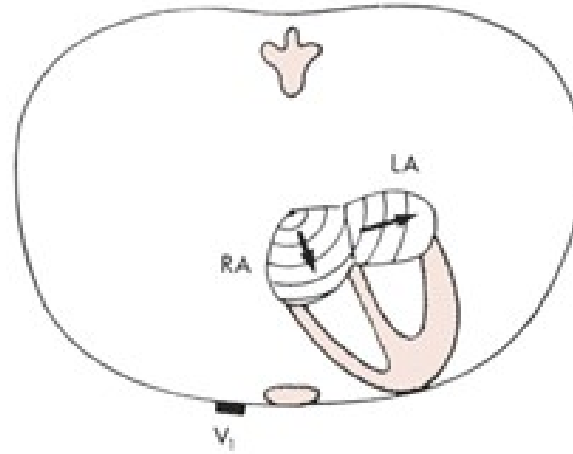


Figure 12-4: A peaked P wave taller than 2.5 mm in the limb leads indicates P-pulmonale.



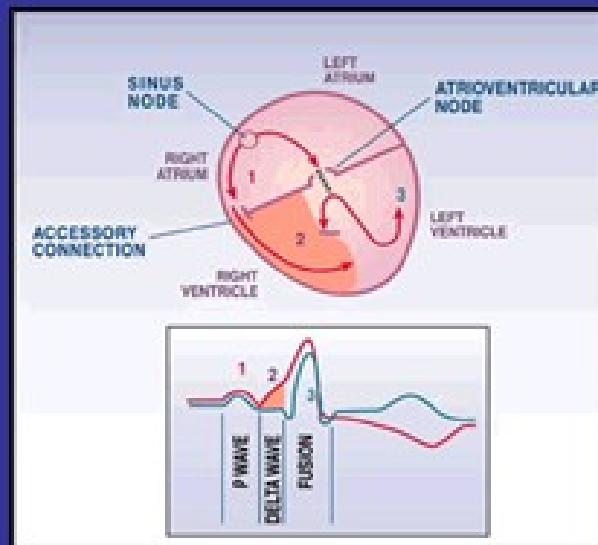


Atrial Enlargement (Abnormality)



	Normal	Right	Left
II			
V ₁			

Short PR Interval



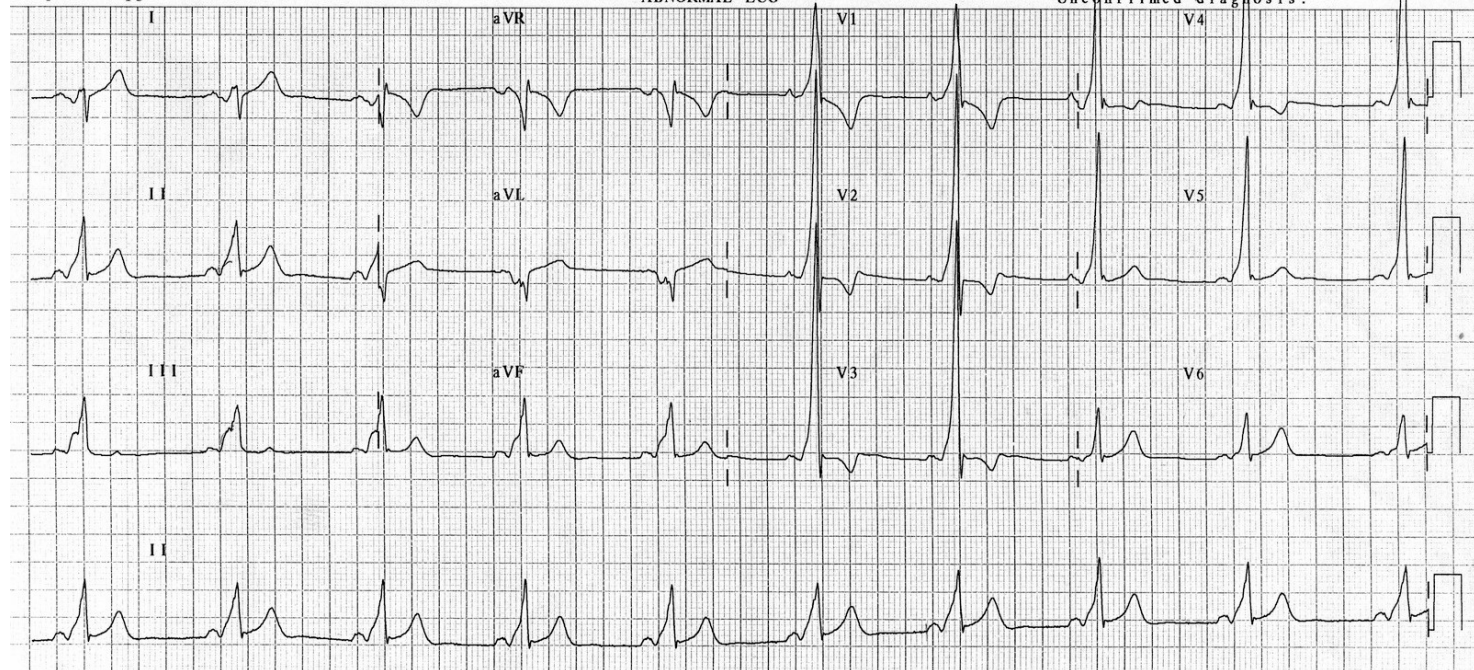
- WPW (Wolff-Parkinson-White) Syndrome
- Accessory pathway (Bundle of Kent) allows early activation of the ventricle (delta wave and short PR interval)

QTc 392

--Axis--
P -40
QRS 77
T 15

- ABNORMAL ECG -

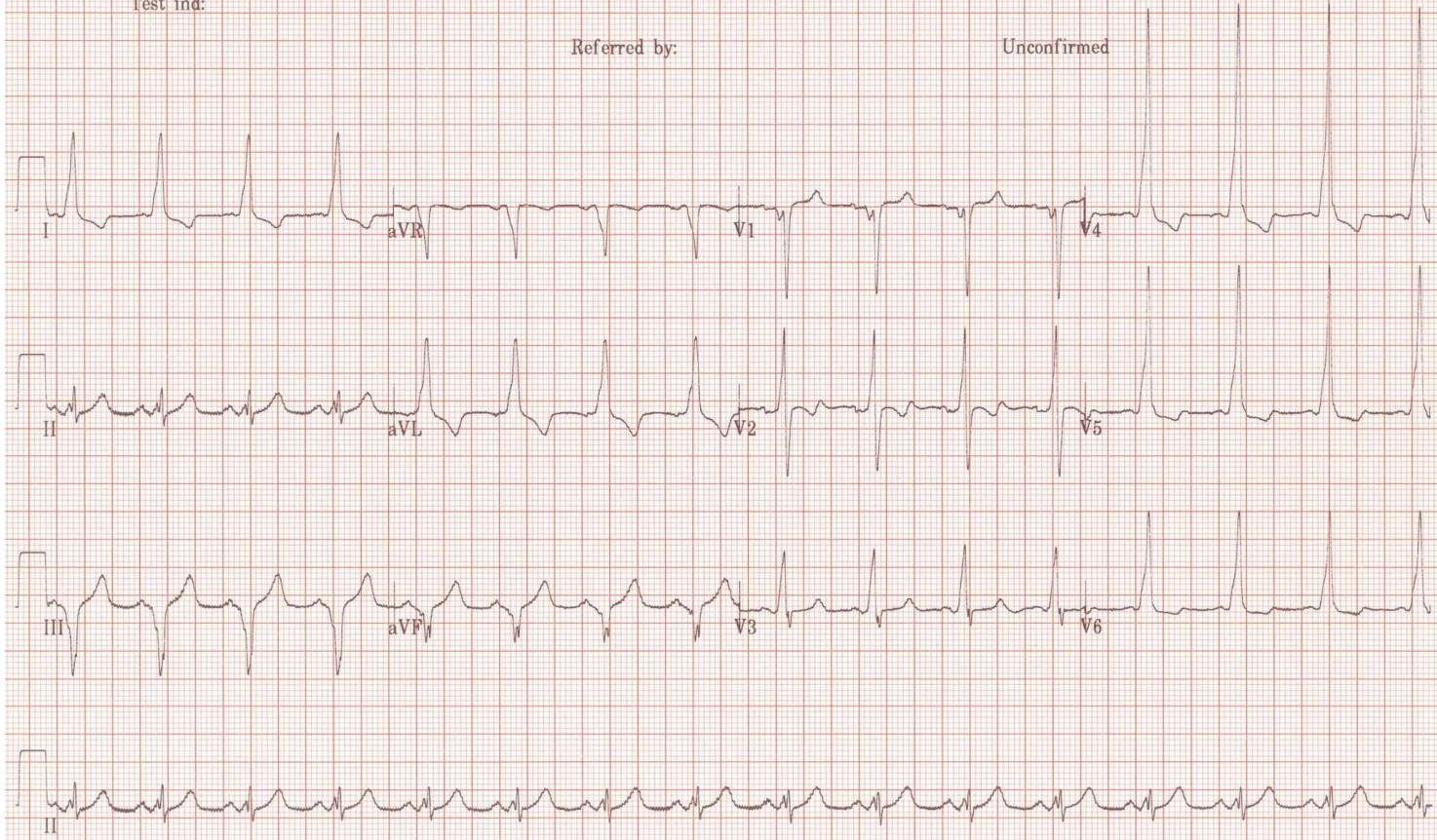
Unconfirmed diagnosis.



Technician:
Test ind:

Referred by:

Unconfirmed



40 Hz 25.0 mm/s 10.0 mm/mV

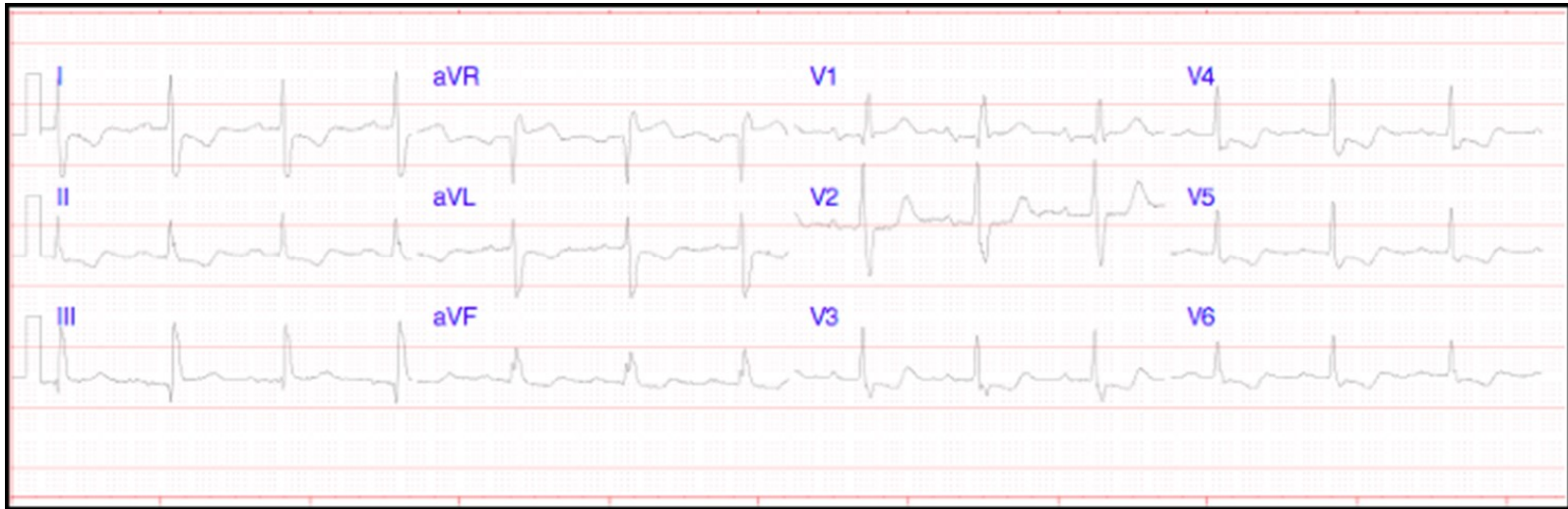
4 by 2.5s + 1 rhythm ld

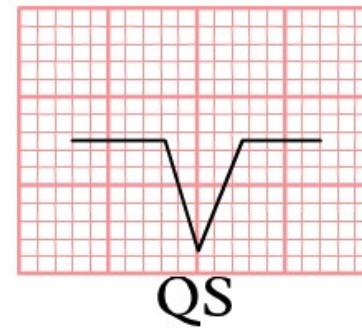
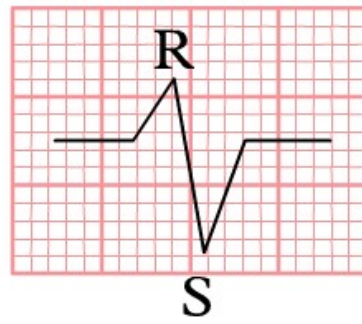
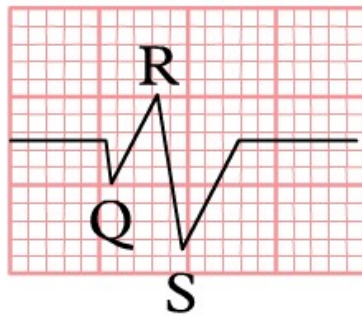
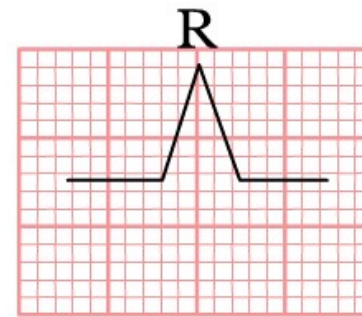
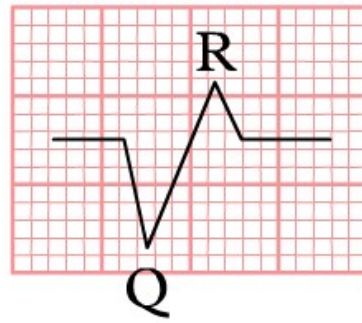
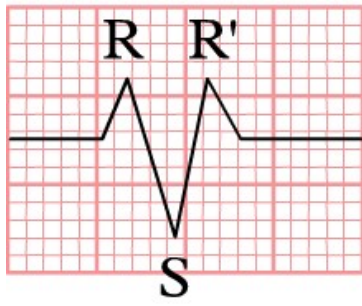
MAC5K 005A

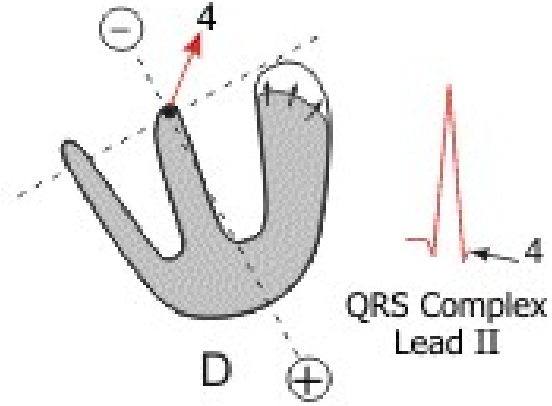
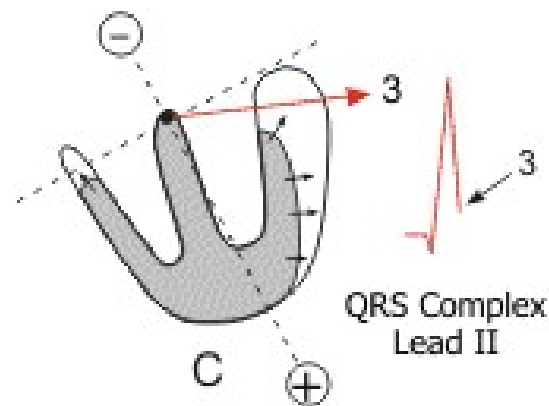
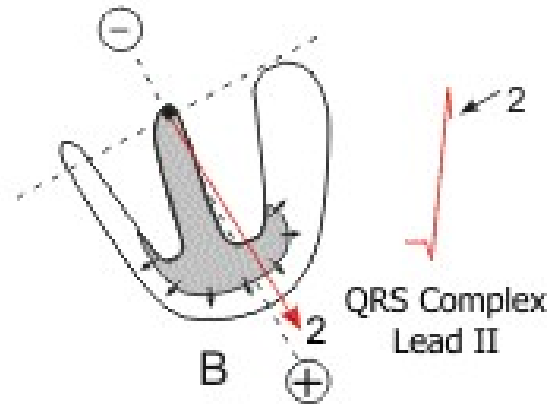
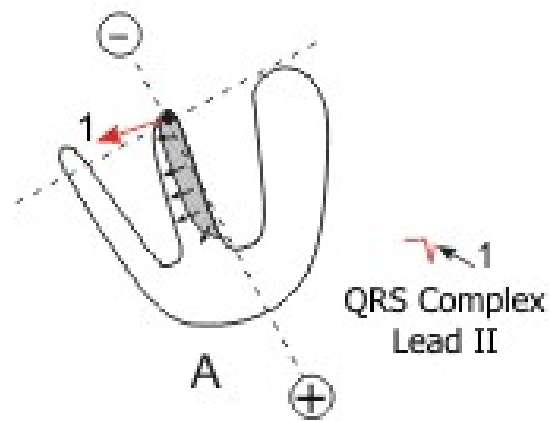
12SL™ v231

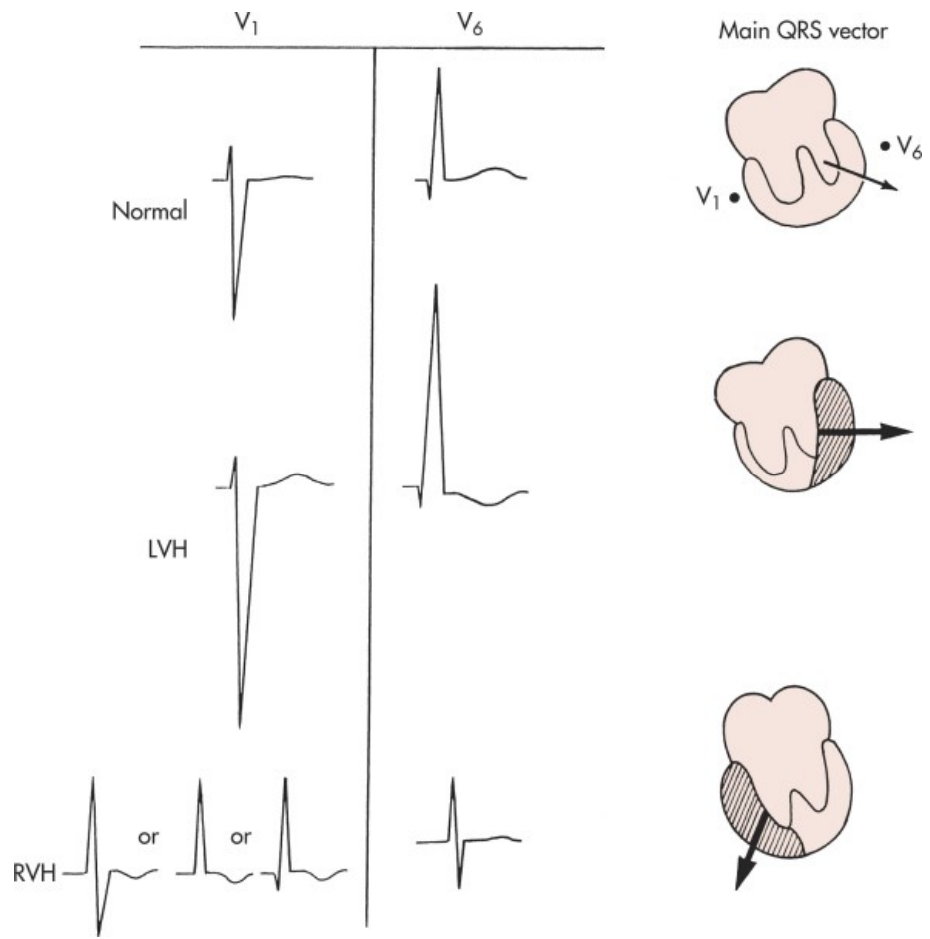
medtel ULTIMATE

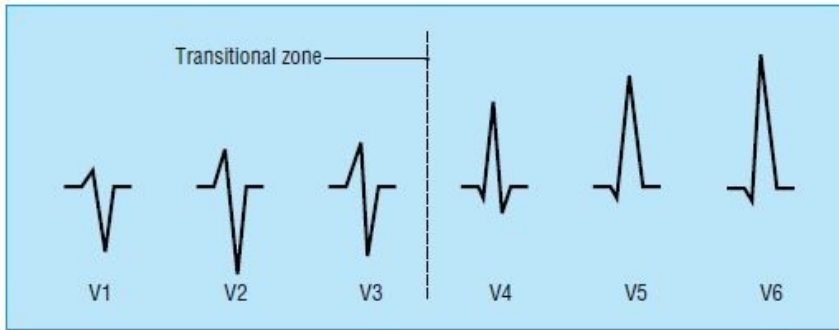
Reorder No. 100-11332



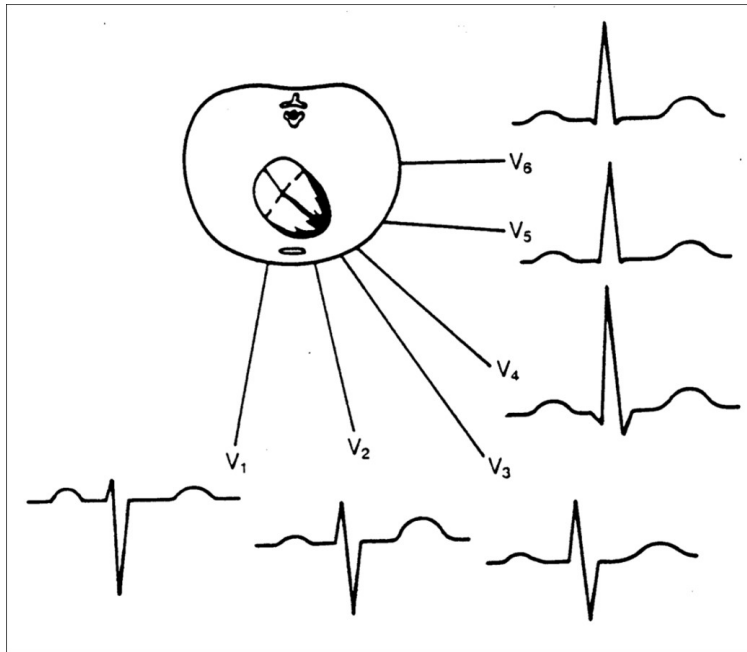




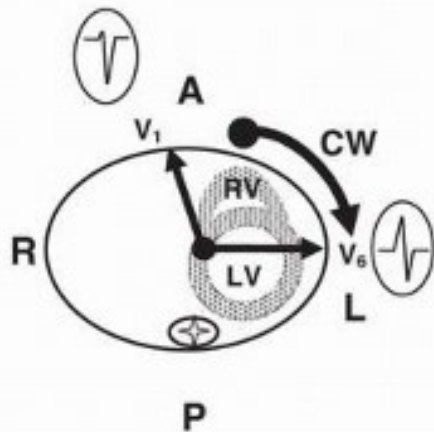




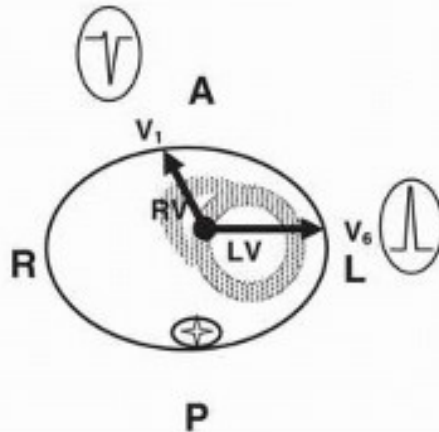
Typical change in morphology of QRS complex from leads V1 to V6



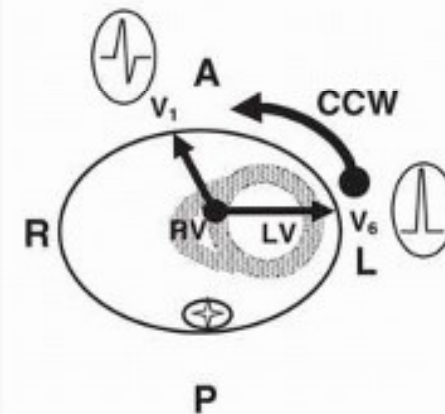
A: Clockwise Rotation

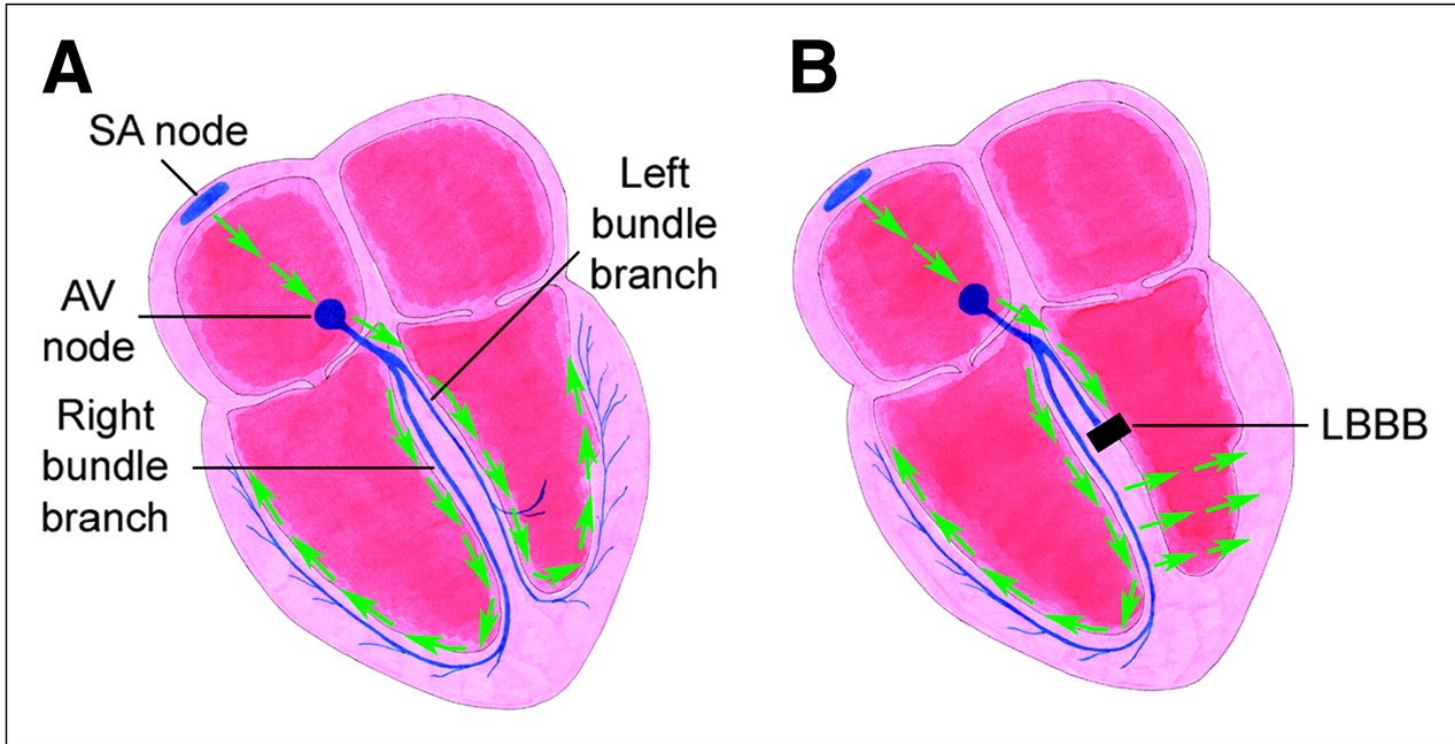


B: Normal Rotation

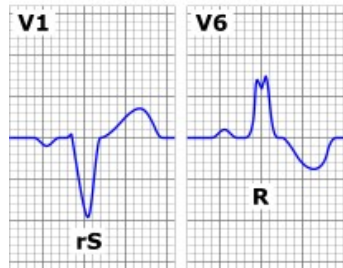


C: Counterclockwise Rotation



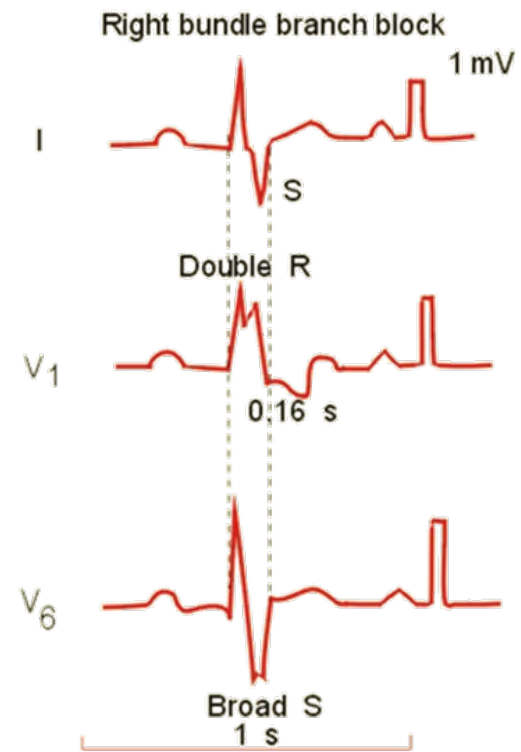
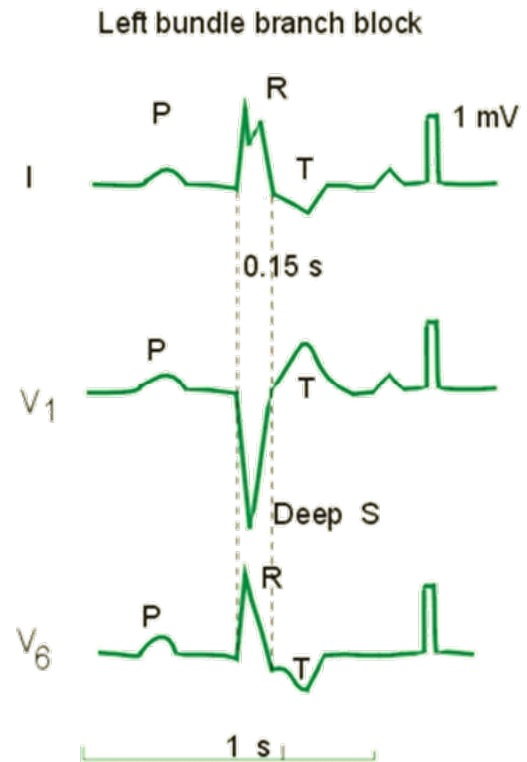


Left bundle branch block characteristics

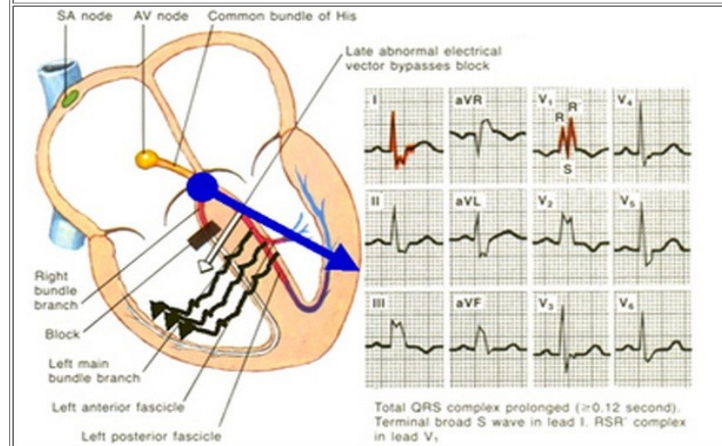


Σκελικοί αποκλεισμοί

- QRS μεγαλύτερο από 0.12 secs
- αλλαγή του άξονα
- Δύσκολο να ερμηνευτεί το ΗΚΓ
- Δεξιός ή αριστερός
- Φυσιολογικό P κύμα
- Ακολουθείται από αρνητικό κύμα T όταν το QRS είναι καθ' υπερροχή θετικό



Right Bundle Branch Block



RBBB Criteria (Check QRS 1st)

◆ Look in V₁ & V₂

* R, R' wave!

◆ Look in V₅, V₆, & Lead I

* "slurred S wave"

