



Βιοϊατρική τεχνολογία

Ενότητα 8: Καρδιακός παλμός, Φυσιολογικό καρδιογράφημα.

Αν. καθηγητής Αγγελίδης Παντελής

e-mail: paggelidis@uowm.gr

ΕΕΔΙΠ Μπέλλου Σοφία

e-mail: sbellou@uowm.gr

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΣΚΟΠΟΣ

- Διπολικές απαγωγές.
- Τρίγωνο του Einthoven.
- Οι αρχές της ανυσματικής ανάλυσης του ΗΚΓ.
- Υπολογισμός μέσου ανύσματος QRS.
- Προκάρδιες (θωρακικές) απαγωγές.
- Ενισχυμένες Μονοπολικές Απαγωγές Άκρων.
- Παθολογικό καρδιογράφημα – Χαρακτηριστικά.

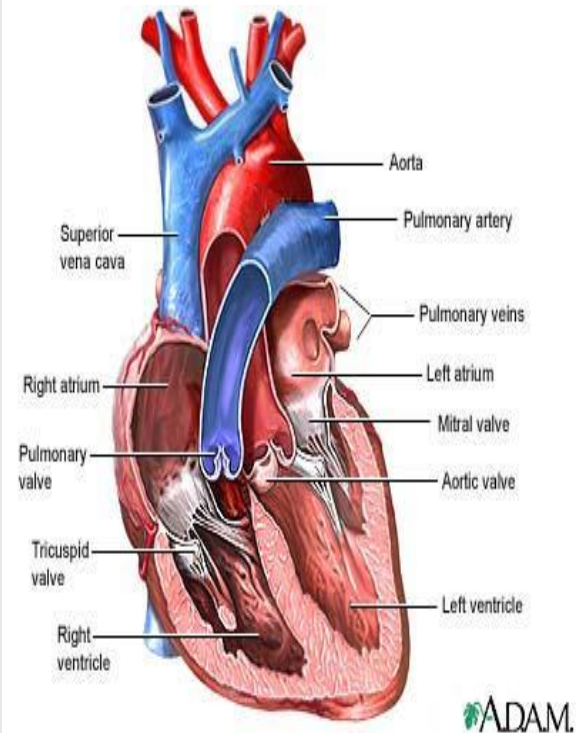


Καρδιογράφημα



Λεξικό (1/2)

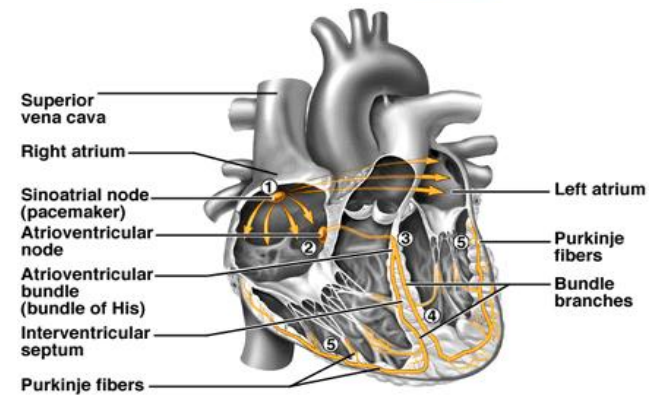
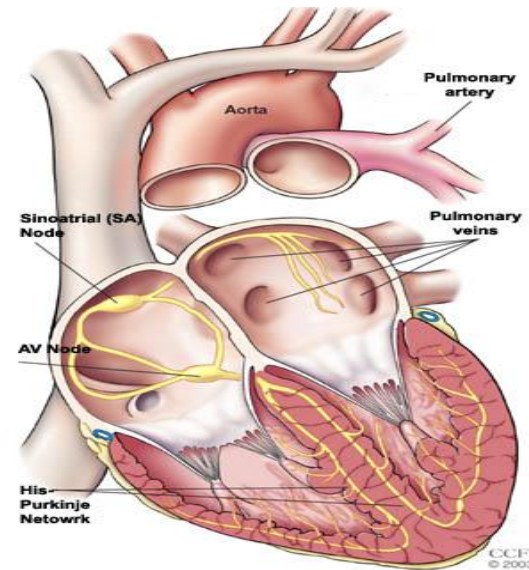
- **Left atrium** Αριστερός κόλπος
- **Left ventricle** Αριστερή κοιλία
- **Right atrium** Δεξιός κόλπος
- **Right ventricle** Δεξιά κοιλία
- **Sinoatrial node** Φλεβόκομβος
- **Pulmonary valve:** Πνευμονική βαλβίδα
- **Tricuspid valve:** Τριγλώχινα βαλβίδα
- **Aortic valve:** Αορτική βαλβίδα
- **Mitral valve:** Μιτροειδής βαλβίδα
- **Pulmonary artery:** Πνευμονική αρτηρία
- **Aorta:** Αορτή
- **Superior vena cava:** Άνω κοίλη φλέβα
- **Inferior vena cava:** Κάτω κοίλη φλέβα
- **Right coronary artery** Δεξιά στεφανιαία αρτηρία
- **Left coronary artery** Αριστερή στεφανιαία αρτηρία



Λεξικό (2/2)

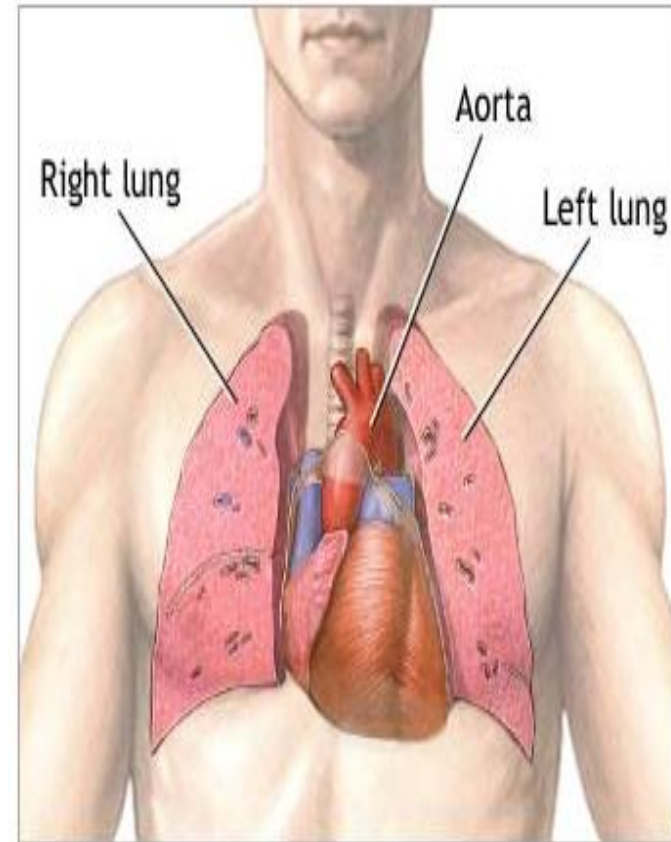
- Sinoatrial node
- Atrioventricular node
- Lead
- Limb
- Standard lead
- Precordial, unipolar chest leads
- Angina pectoris
- Arrhythmia
- *Tachycardia*

- Φλεβόκομβος
- Κοπλοκοιλιακός κόμβος
- Απαγωγή
- Άκρο του σώματος
- Κλασική απαγωγή
- Προκάρδια απαγωγή
- Στηθάγχη
- Αρρυθμία
- Ταχυκαρδία



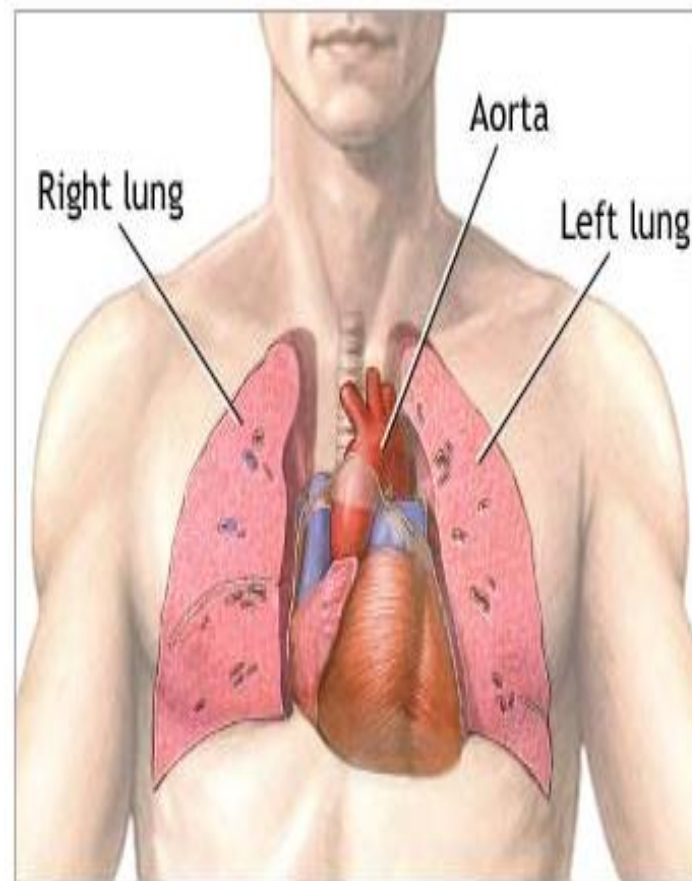
Η καρδιά (1/2)

- Η καρδιά είναι το **κεντρικό όργανο της κυκλοφορίας**. Είναι ένα κοίλο μυώδες όργανο, που **δέχεται το αίμα πού προέρχεται από τις φλέβες** και το **ωθεί προς τις αρτηρίες**.
- Βρίσκεται μέσα στη **θωρακική κοιλότητα** ανάμεσα στους δύο πνεύμονες. Το σχήμα της καρδιάς παρομοιάζετε με το σχήμα κώνου.



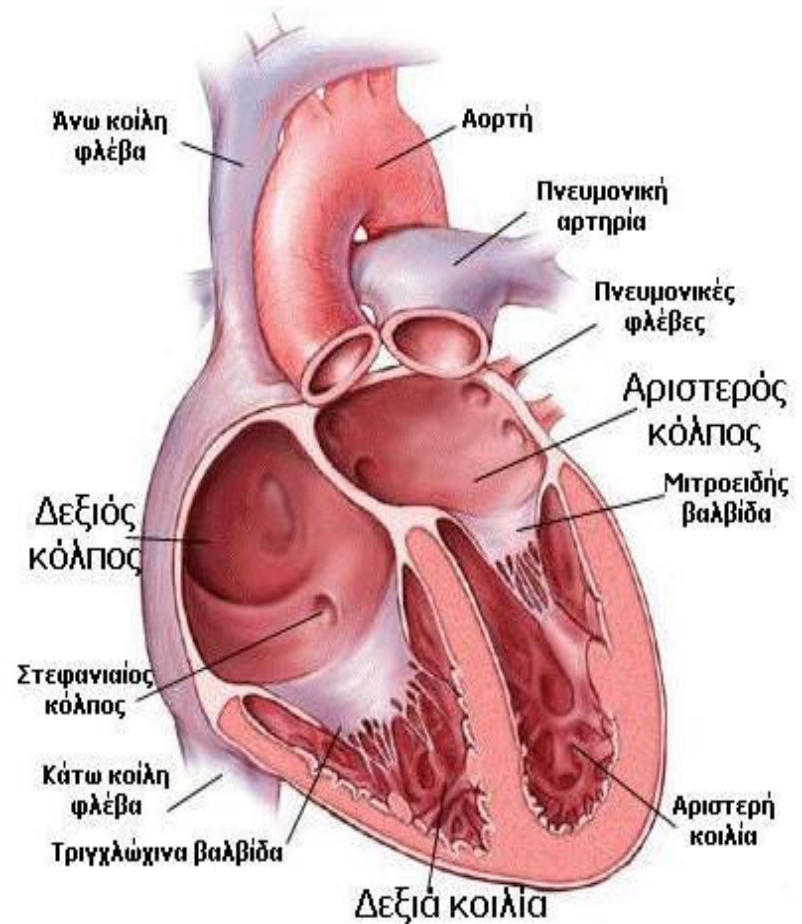
Η καρδιά (2/2)

- Μυώδες όργανο που συστέλλεται ρυθμικά λειτουργώντας σας αντλία.
- Η μέση συχνότητα που χτυπά η καρδιά είναι **72 σφύξεις ανά λεπτό**.
- Σε κατάσταση ηρεμίας, η καρδιά διακινεί περίπου **5 λίτρα αίμα το λεπτό**. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η ποσότητα αυτή μπορεί να αυξηθεί έως και 25 λίτρα το λεπτό.



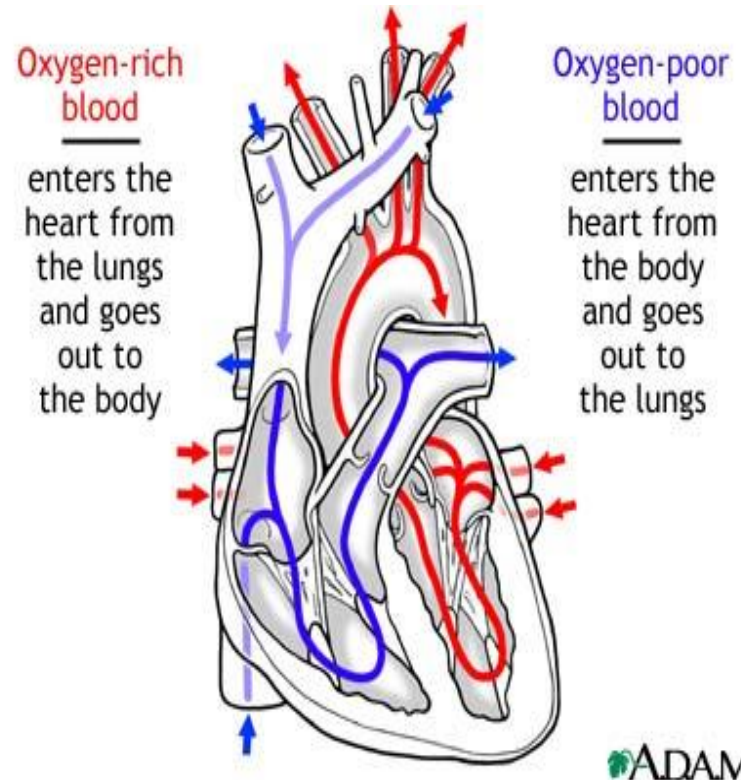
Η φυσιολογία της καρδιάς

- Η καρδιά αποτελείται από **δύο διαφορετικές αντλίες**:
 - Τη **δεξιά καρδιά** που διοχετεύει το αίμα στους **πνεύμονες** για ανταλλαγή οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα.
 - Την **αριστερή καρδιά** που διοχετεύει το αίμα στα **περιφερικά όργανα του σώματος**.



Η καρδιά λειτουργεί ως αντλία

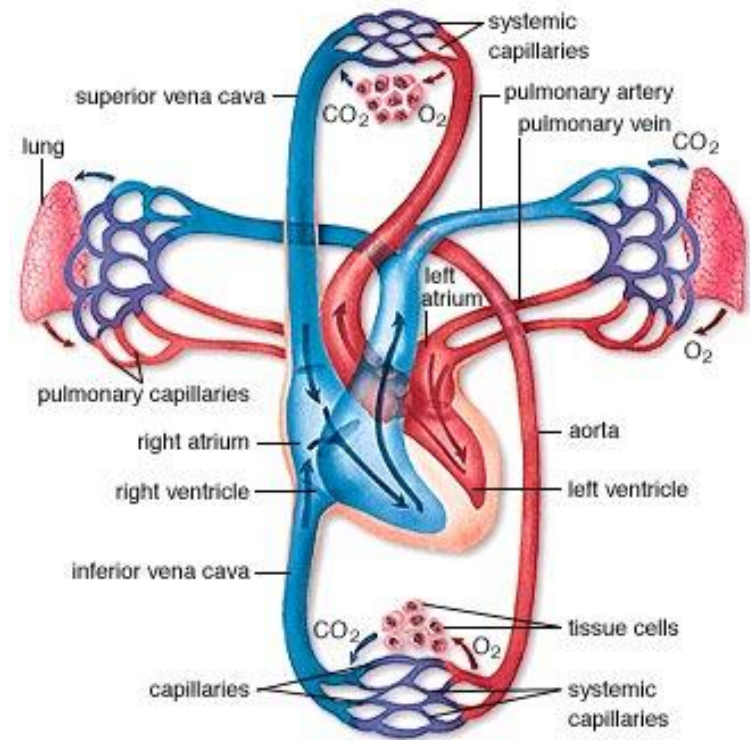
- Αποτελείται από **δύο αντλίες** συνδεδεμένες σε σειρά.
- Κάθε αντλία στέλνει αίμα σε δύο διαφορετικές κυκλοφορίες:
 - Πνευμονική κυκλοφορία – μεταξύ καρδιάς και πνευμόνων.
 - Συστηματική κυκλοφορία – μεταξύ καρδιάς και ιστών.



Πνευμονική κυκλοφορία - Pulmonary circulation

Σκοπός: Η αποβολή του CO_2 από το αίμα και η αντικατάστασή του από O_2 .

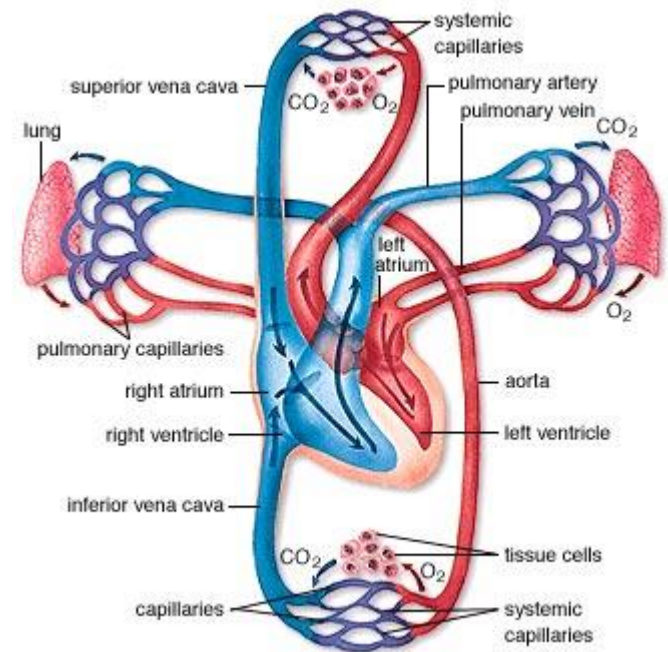
- Ξεκινάει από τη δεξιά κοιλία και κατευθύνεται προς τους πνεύμονες .
- Το διοξείδιο του άνθρακα αποβάλλεται από το αίμα και αντικαθίσταται από οξυγόνο.
- Το εμπλουτισμένο με οξυγόνο αίμα οδηγείται στον αριστερό κόλπο και από εκεί στην αριστερή κοιλία.



Συστημική κυκλοφορία - Systemic circulation

Σκοπός: Η μεταφορά του αίματος από την καρδιά στα διάφορα όργανα.

- Το αίμα ξεκινάει από την αριστερή κοιλία και, μέσω της αορτής, μεταφέρεται στο σώμα.
- Έτσι, μεταφέρεται στα όργανα οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά και απομακρύνονται άχρηστα προϊόντα και διοξείδιο του άνθρακα.
- Το αίμα επιστρέφει στην δεξιά κοιλία μέσω των φλεβών.



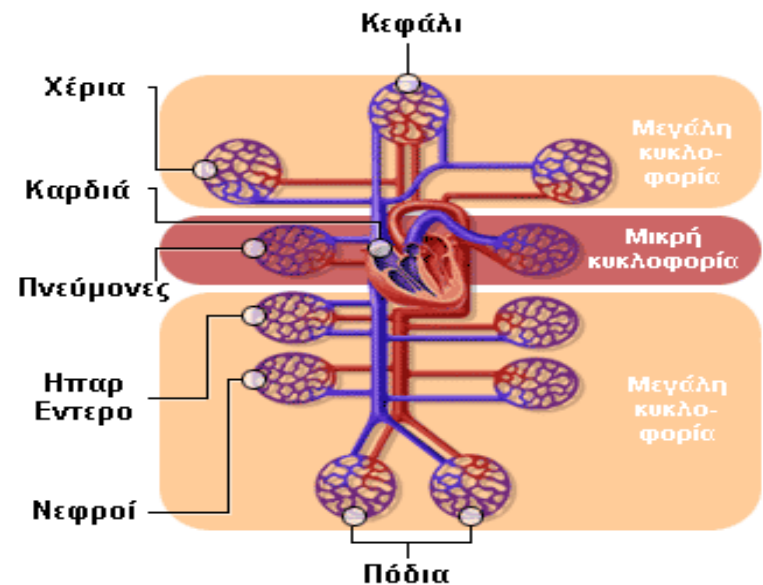
Η κυκλοφορία του αίματος

Μεγάλη κυκλοφορία:

- Αριστερή κοιλία - > Τριχοειδή - > Άνω και κάτω κοίλες φλέβες - > Δεξιός κόλπος.

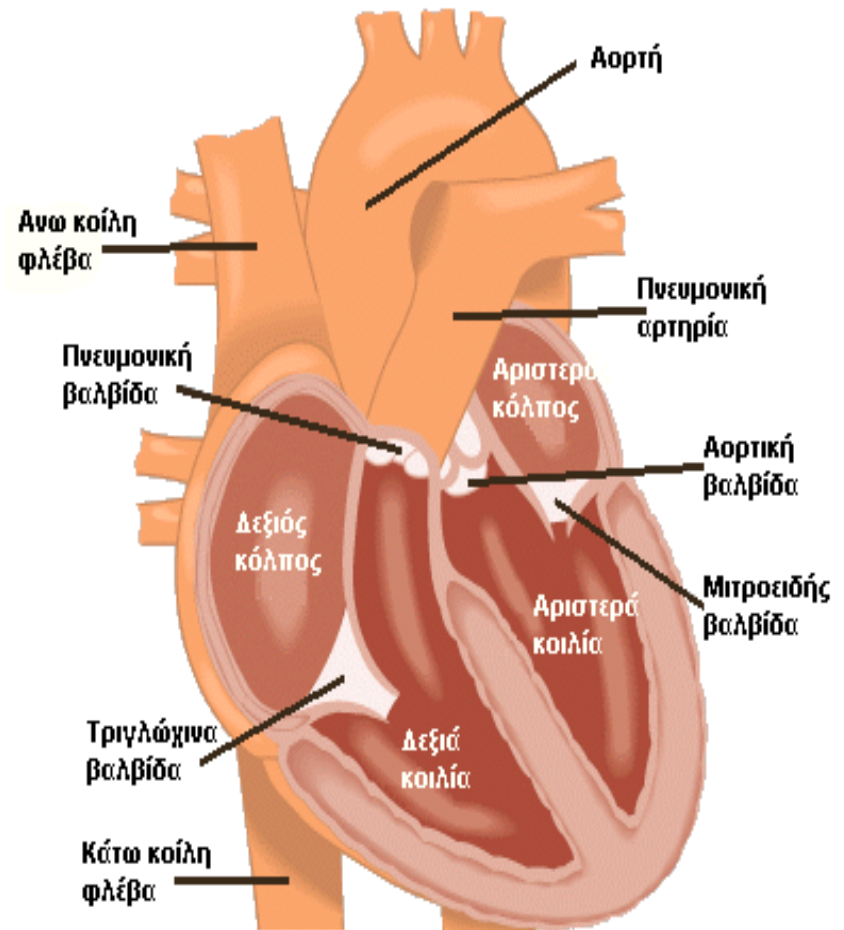
Μικρή κυκλοφορία:

- Δεξιά κοιλία->Πνευμονική αρτηρία-> Πνεύμονες -> Πνευμονικές φλέβες - > Αριστερός κόλπος.



Οι καρδιακές κοιλότητες

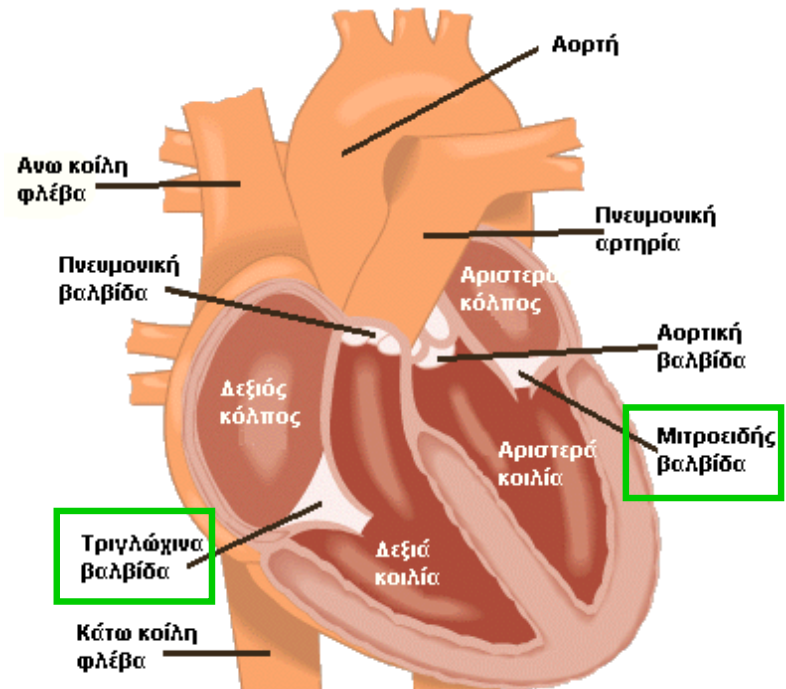
- **Δεξιός κόλπος:** Ο δεξιός κόλπος δέχεται μη οξυγονωμένο αίμα από την **άνω και κάτω κοίλη φλέβα**.
- **Δεξιά κοιλία:** Η δεξιά κοιλία εξωθεί αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία μέσω των **πνευμονικών αρτηριών**.
- **Αριστερός κόλπος:** Ο αριστερός κόλπος δέχεται οξυγονωμένο αίμα από τις **πνευμονικές φλέβες**.
- **Αριστερή κοιλία:** Η αριστερή κοιλία εξωθεί αίμα στη συστηματική κυκλοφορία μέσω της **αορτής**.



Οι ενδοκαρδιακές βαλβίδες (1/2)

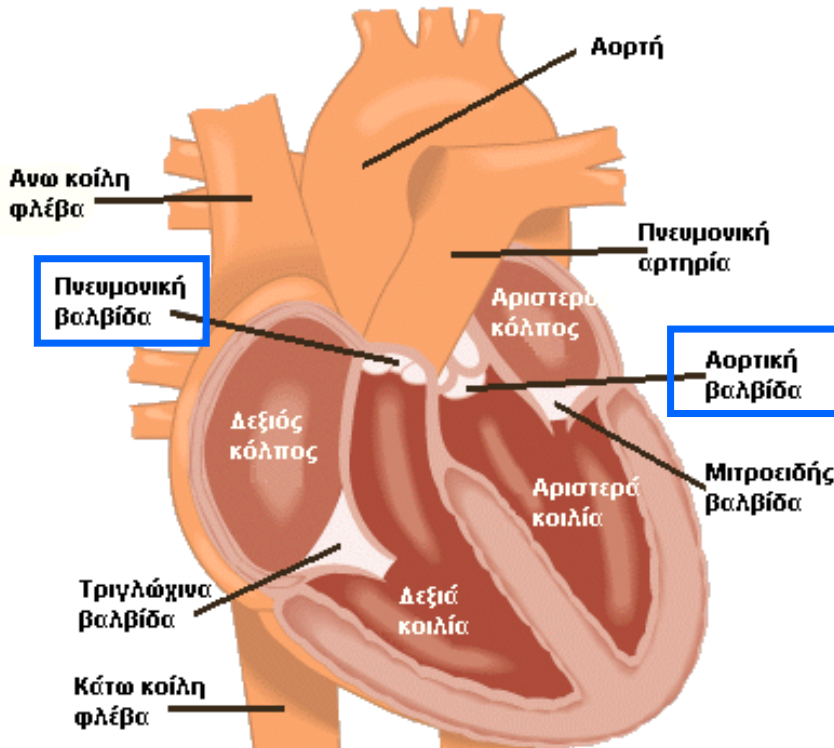
Κολποκοιλιακές βαλβίδες: Αποτρέπουν την προς τα πίσω διαφυγή του αίματος από τις κοιλίες προς τους κόλπους όταν συστέλλονται η δεξιά και η αριστερή κοιλία.

- **Μιτροειδής βαλβίδα (διγλώχινα):** Η μιτροειδής βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ του αριστερού κόλπου και της αριστερής κοιλίας.
- **Τριγλώχινα βαλβίδα:** Η τριγλώχινα βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ του δεξιού κόλπου και της δεξιάς κοιλίας. Είναι η μεγαλύτερη βαλβίδα του σώματος.



Οι ενδοκαρδιακές βαλβίδες (2/2)

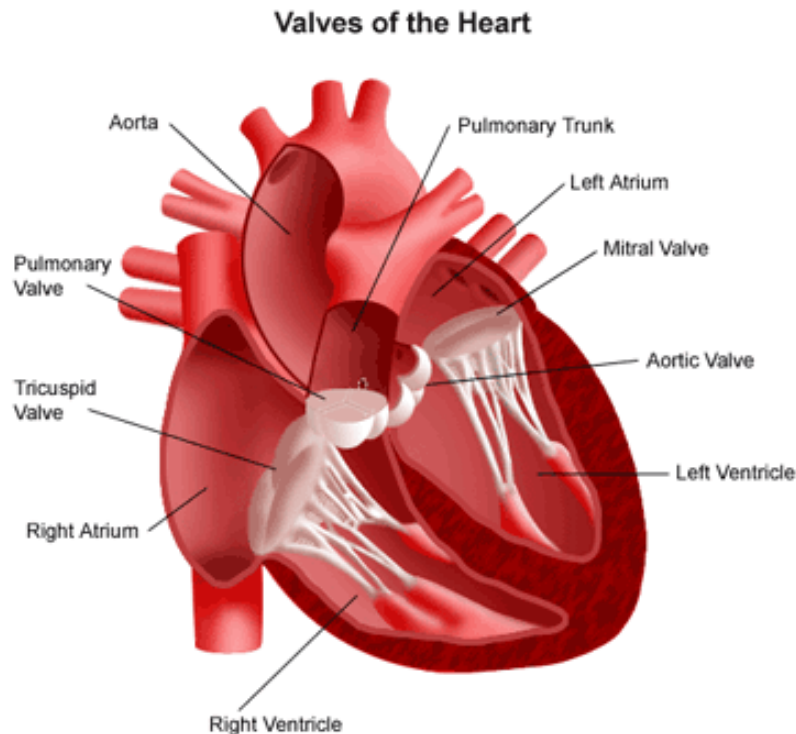
Μηνοειδείς βαλβίδες: Αποτρέπουν την προς τα πίσω διαφυγή του αίματος από την αορτή προς την αριστερή κοιλία και από την πνευμονική αρτηρία προς τη δεξιά κοιλία κατά τη διαστολή.



- **Αορτική βαλβίδα:** Η αορτική βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ της αριστερής κοιλίας και της αορτής.
- **Πνευμονική βαλβίδα:** Η πνευμονική βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ της πνευμονικής αρτηρίας και της δεξιάς κοιλίας.



Η λειτουργία των καρδιακών βαλβίδων



Pulmonary valve: Πνευμονική βαλβίδα

Tricuspid valve: Τριγλώχινα βαλβίδα

Aortic valve: Αορτική βαλβίδα

Mitral valve: Μιτροειδής βαλβίδα

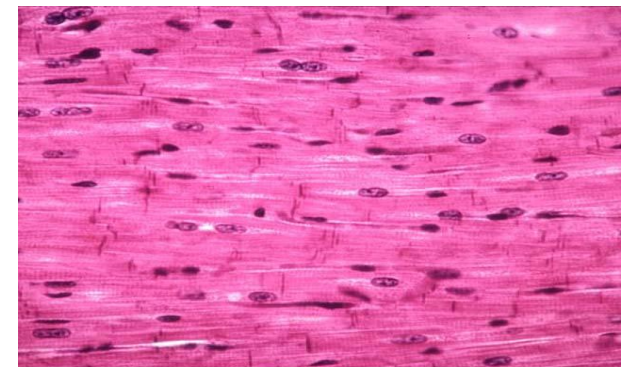
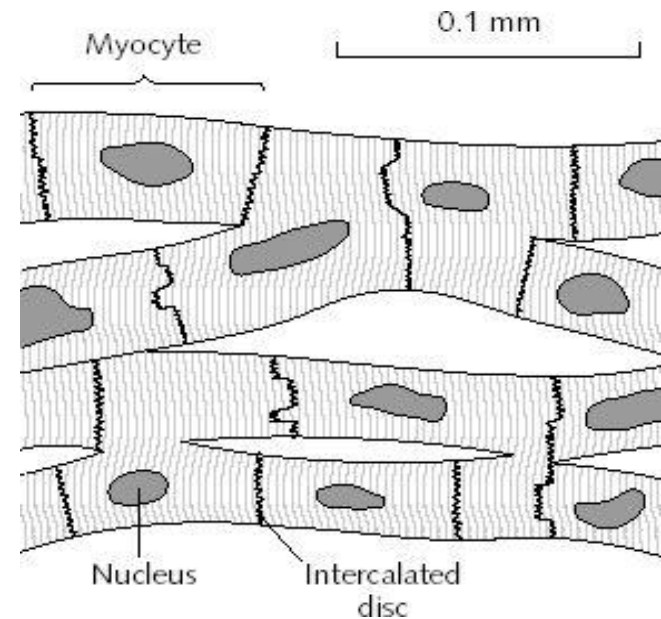
- **Κατά τη συστολή των κοιλιών:** αυξάνει η πίεση στις κοιλίες και εξωθείται το αίμα προς τα μεγάλα αγγεία (αορτή, πνευμονική αρτηρία). Η μιτροειδής και η τριγλώχινα βαλβίδα, κλείνουν, η δε αορτική και η πνευμονική βαλβίδα ανοίγουν.
- **Κατά τη διαστολή της καρδιάς:** ελαττώνεται η πίεση στις κοιλίες και το αίμα εισρέει από τους κόλπους στις κοιλίες. Η μιτροειδής και η τριγλώχινα βαλβίδα ανοίγουν, η δε αορτική και η πνευμονική βαλβίδα κλείνουν.



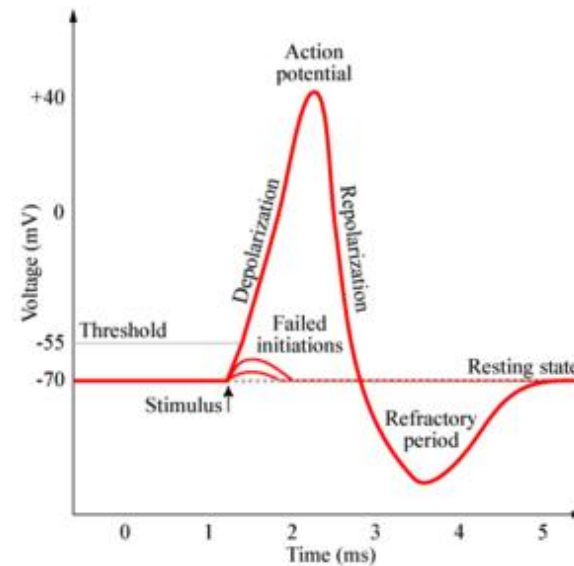
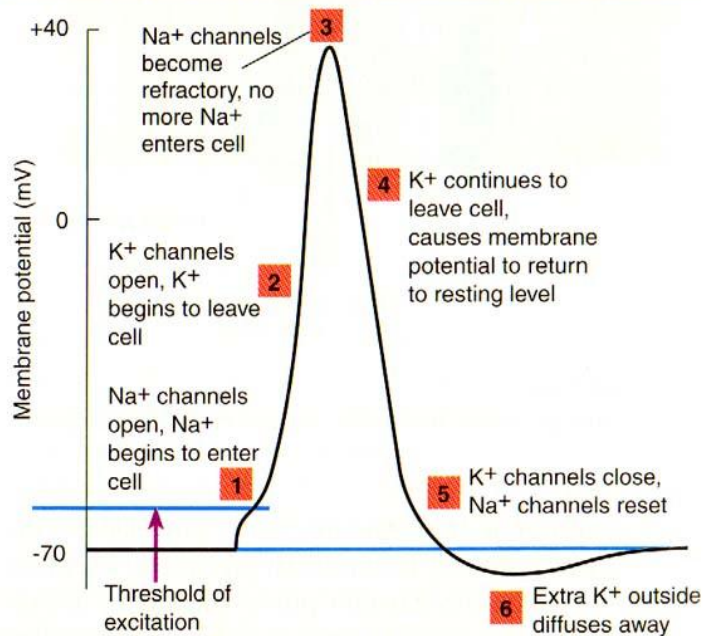
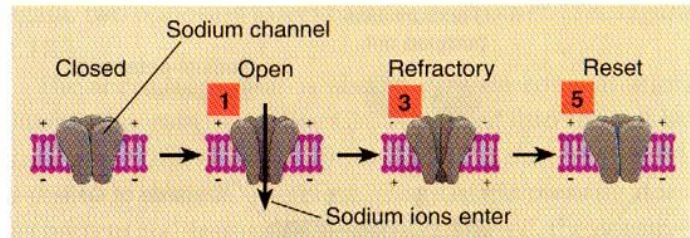
Καρδιακά μυϊκά κύτταρα

Αντίθετα με τον σκελετικό μυ, ο καρδιακός μυς μοιάζει με **συγκύτιο**, δηλ. με ένα μόνο **πολυπήруνο κύτταρο** σχηματισμένο από πολλά συντηγμένα κύτταρα. Ωστόσο:

- Οι **ίνες του μυοκαρδίου** χωρίζονται πλευρικά από τις γειτονικές ίνες με τα αντίστοιχα **σαρκειλήματά τους (κυτταρική μεμβράνη)** και
- Το άκρο κάθε ίνας χωρίζεται από τη γειτονική τους με πυκνές δομές, τους **εμβόλιμους δίσκους (*intercalated discs*)**.

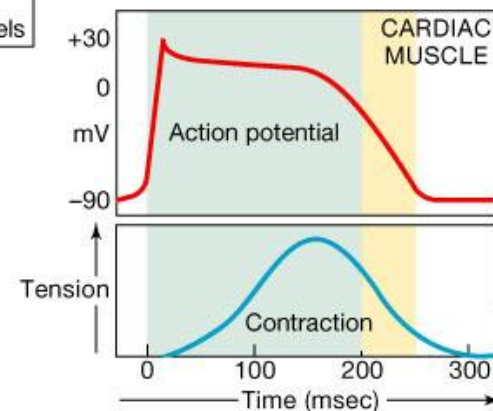
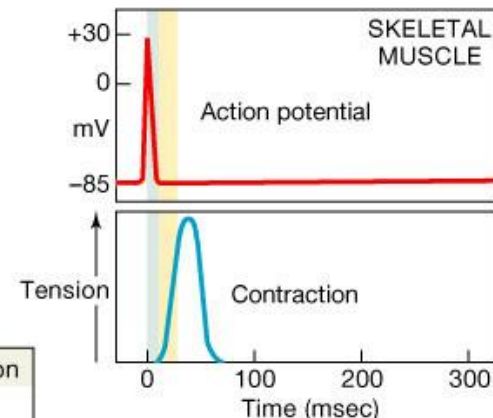
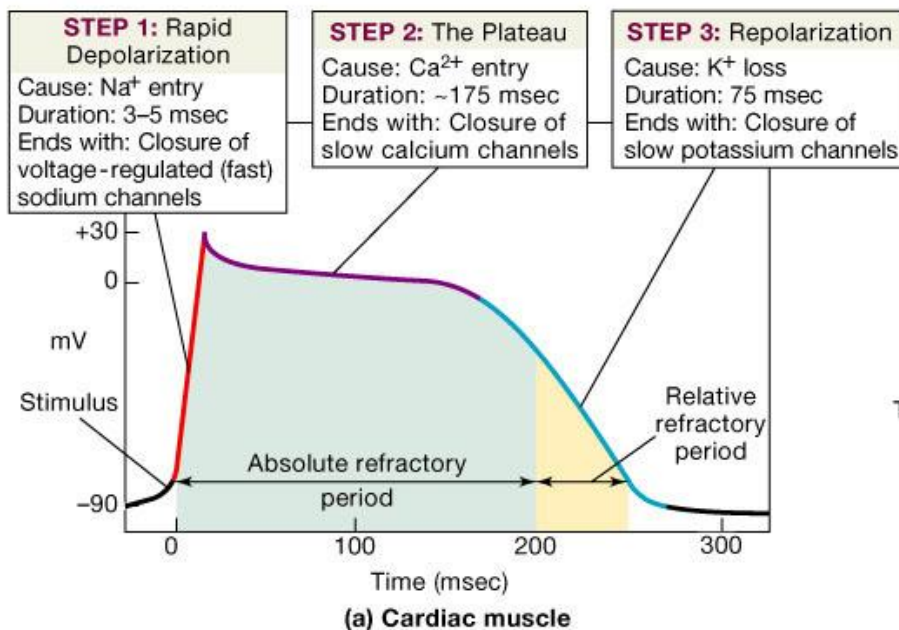


Δυναμικό ενέργειας νευρικού κυττάρου



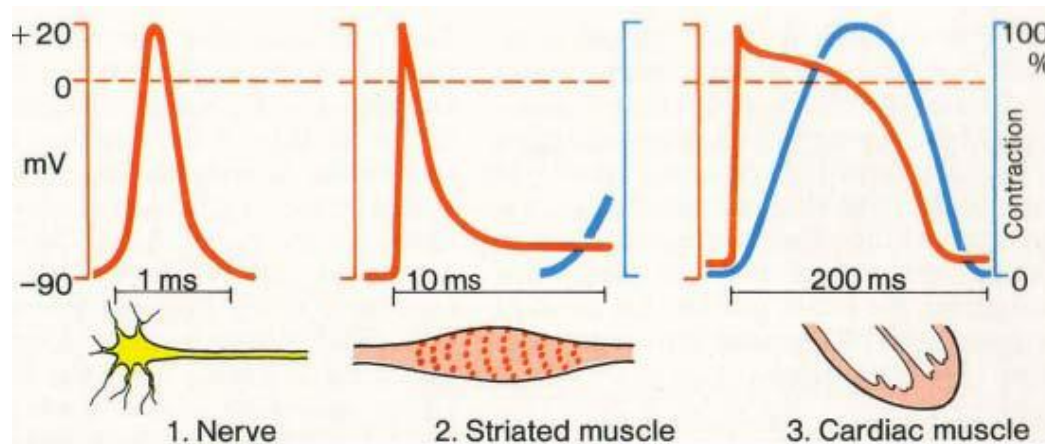
Δυναμικό ενέργειας σε σκελετικά και καρδιακά μυϊκά κύτταρα

- Η μετάδοση του δυναμικού ενέργειας στα καρδιακά κύτταρα προκαλεί τη σύσπαση των κυττάρων και αυξάνει τη συγκέντρωση ιόντων Ca^{2+} στην περιοχή των μυϊκών ινιδίων.



Χαρακτηριστικά των ενεργών δυναμικών

- Ενεργό δυναμικό στα νευρικά κύτταρα, στους σκελετικούς και καρδιακούς μύες.
- Το ενεργό δυναμικό των νευρικών κυττάρων και του σκελετικού μυός είναι σχεδόν τα ίδια, με μικρές διαφορές.
- Το ενεργό δυναμικό των καρδιακών μυϊκών κυττάρων έχει μοναδικά χαρακτηριστικά.



Η λειτουργία της καρδιάς

- Δημιουργεί την πίεση του αίματος (κατά τη συστολή και διαστολή).
- Διαχωρίζει το αίμα προς της πνευμονική και συστηματική κυκλοφορία.
- Διασφαλίζει τη ροή προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση (λειτουργία βαλβίδων).
- Ρυθμίζει την παροχή αίματος στο σώμα:
 - Αλλαγές στην ταχύτητα και πίεση συστολής καθορίζει τη ροή του αίματος σε καταστάσεις αυξημένων αναγκών.



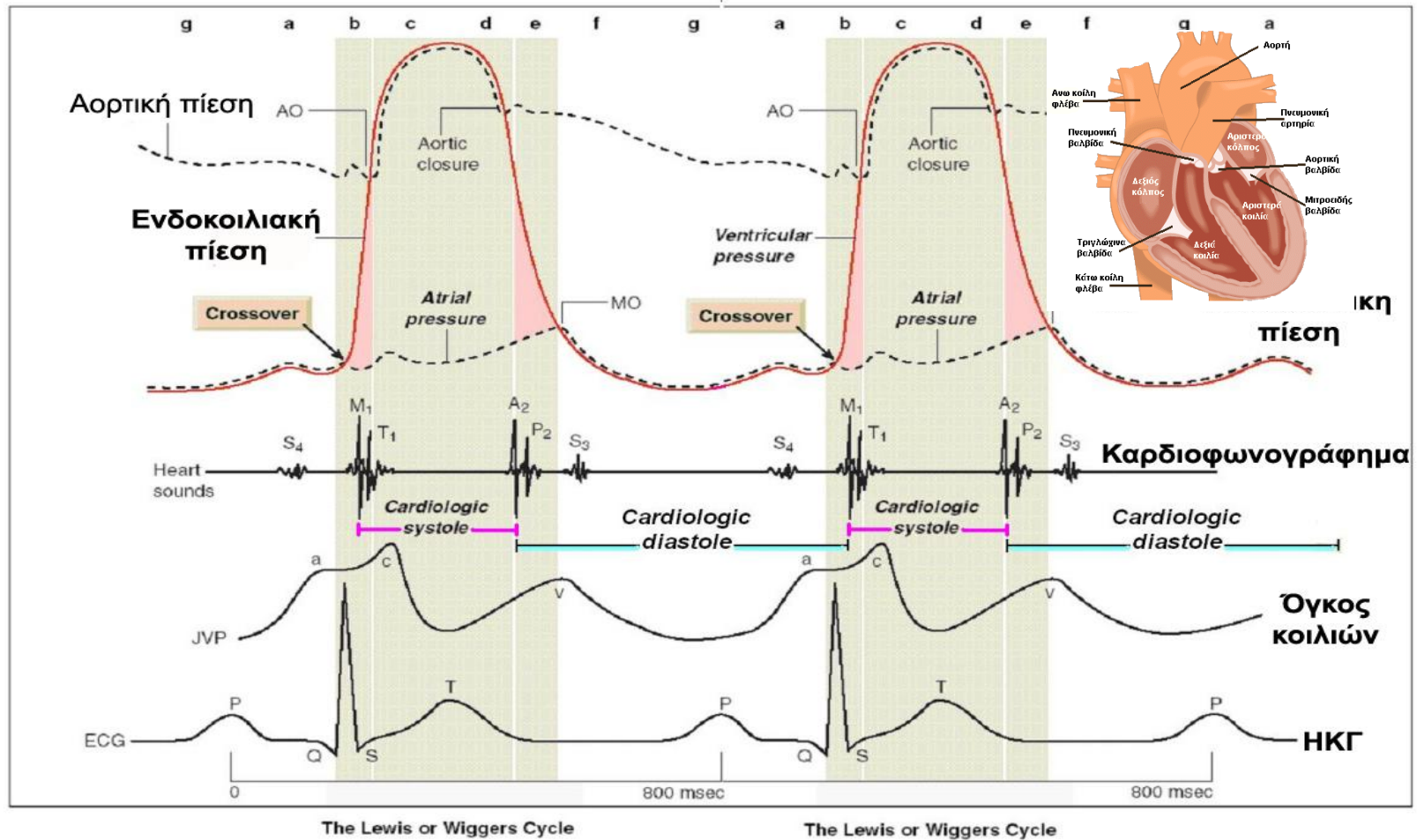
Καρδιακός παλμός (ή καρδιακός κύκλος) (1/5)

Σε κάθε καρδιακό παλμό περιλαμβάνονται τρεις φάσεις:

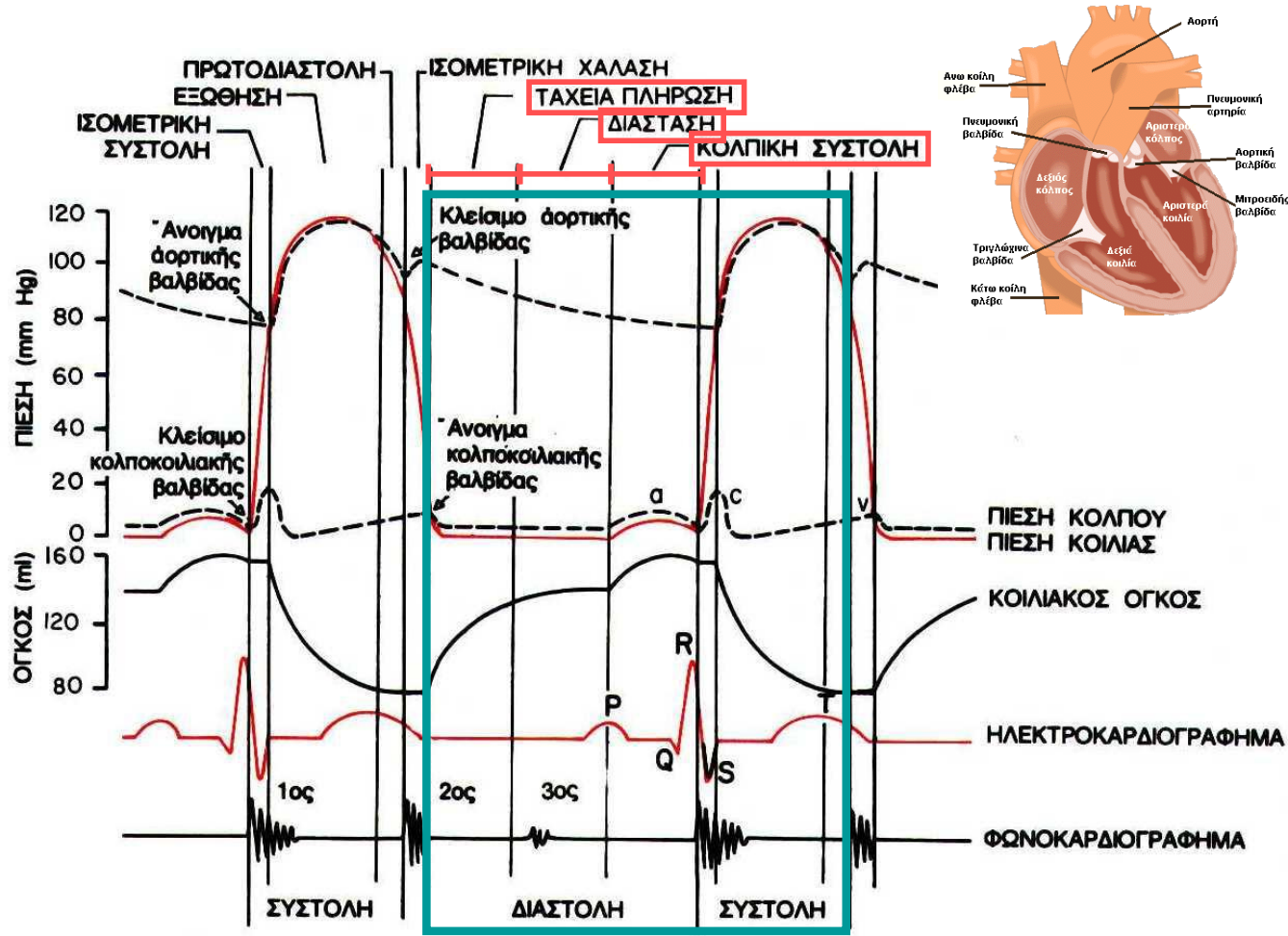
- **Συστολή των κόλπων:** Το αίμα **φέρεται** στις κοιλίες.
- **Συστολή των κοιλιών:** Το αίμα **πηγαίνει** από τη δεξιά κοιλία προς την πνευμονική αρτηρία και από την αριστερή κοιλία στην αορτή.
- **Διαστολή ή παύλα** (ηρεμία των κόλπων και των κοιλιών): Ηρεμούν (αναπαύονται) και οι κόλποι και οι κοιλίες και η καρδιά γεμίζει πάλι από αίμα.
- Η χρονική περίοδος από το τέλος μίας συστολής της καρδιάς μέχρι το τέλος της επόμενης συστολής.
- Αρχίζει με την αυτόματη γένεση ενός δυναμικού ενεργείας στον φλεβόκομβο.
- Το δυναμικό ενεργείας επεκτείνεται στους κόλπους και από εκεί στις κοιλίες.



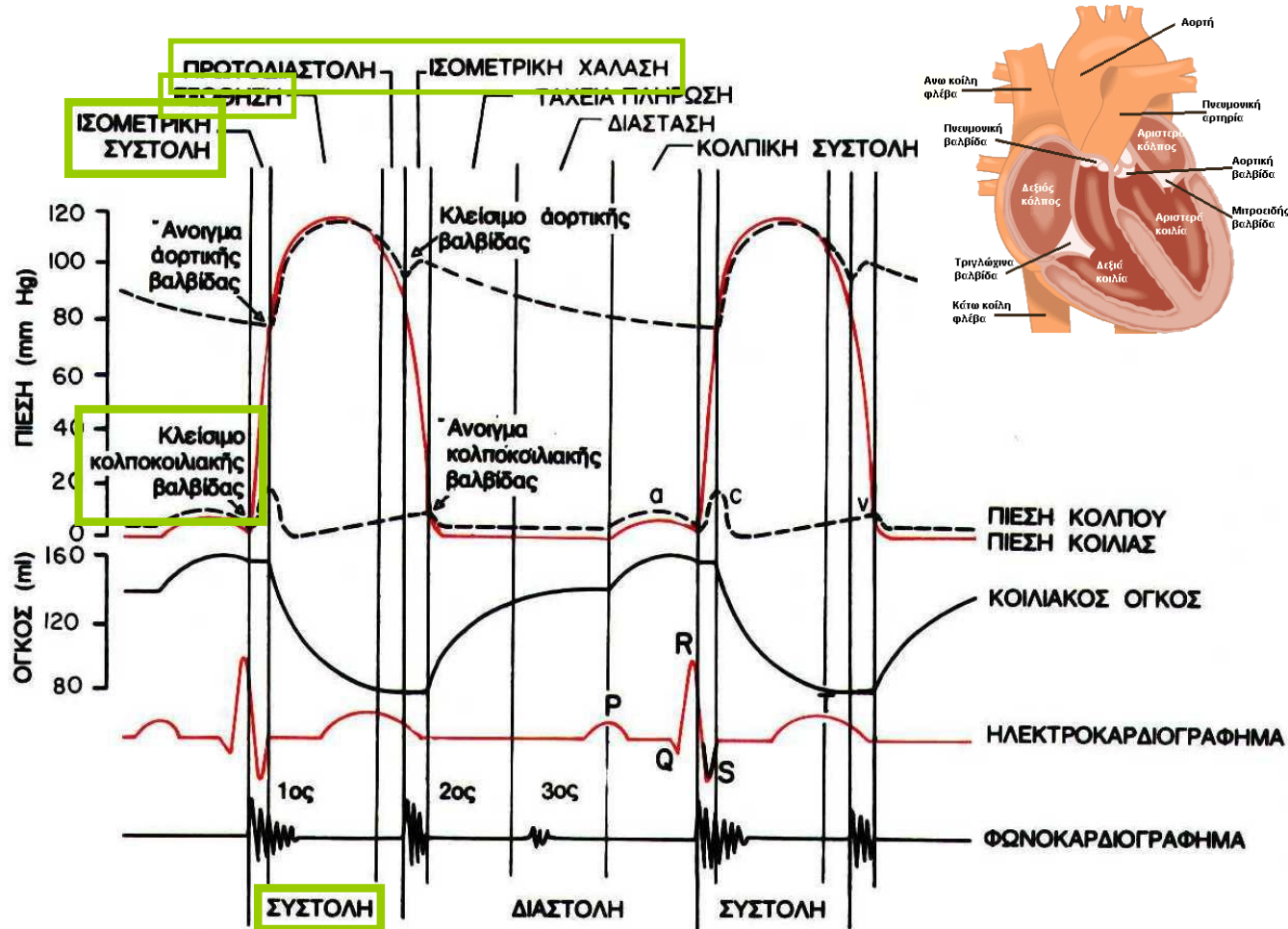
Καρδιακός παλμός (ή καρδιακός κύκλος) (2/5)



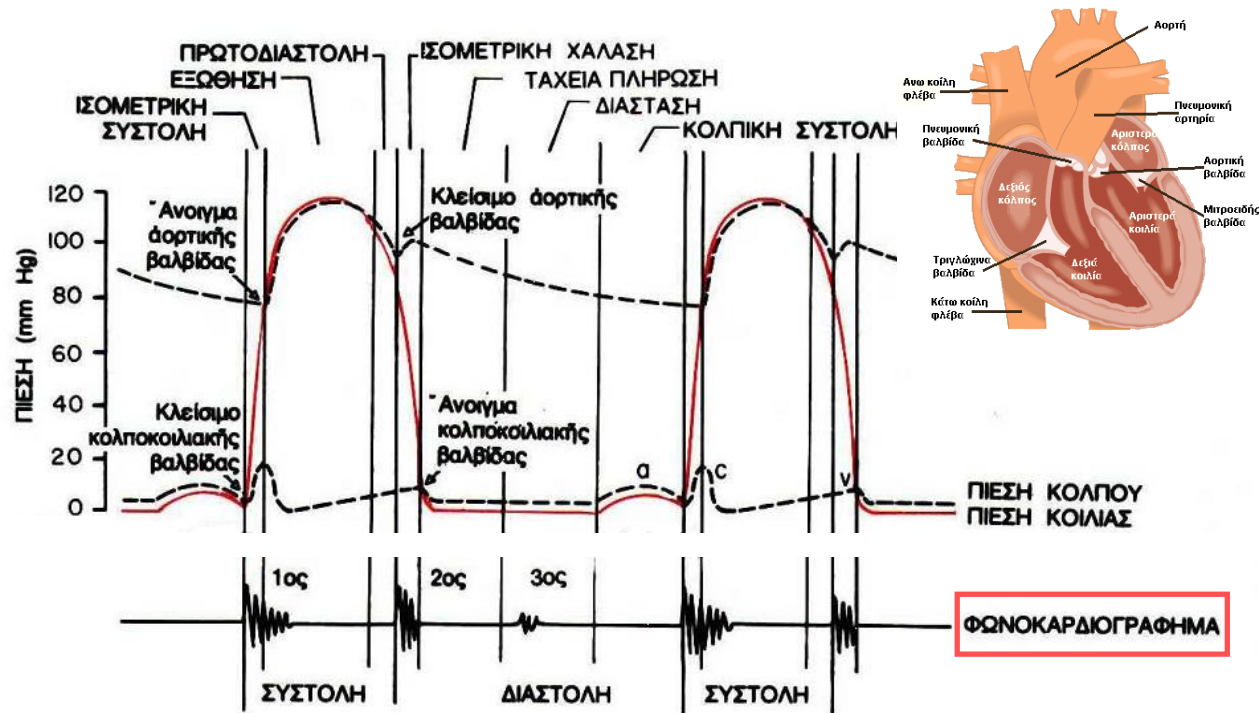
Καρδιακός παλμός (ή καρδιακός κύκλος) (3/5)



Καρδιακός παλμός (ή καρδιακός κύκλος) (4/5)



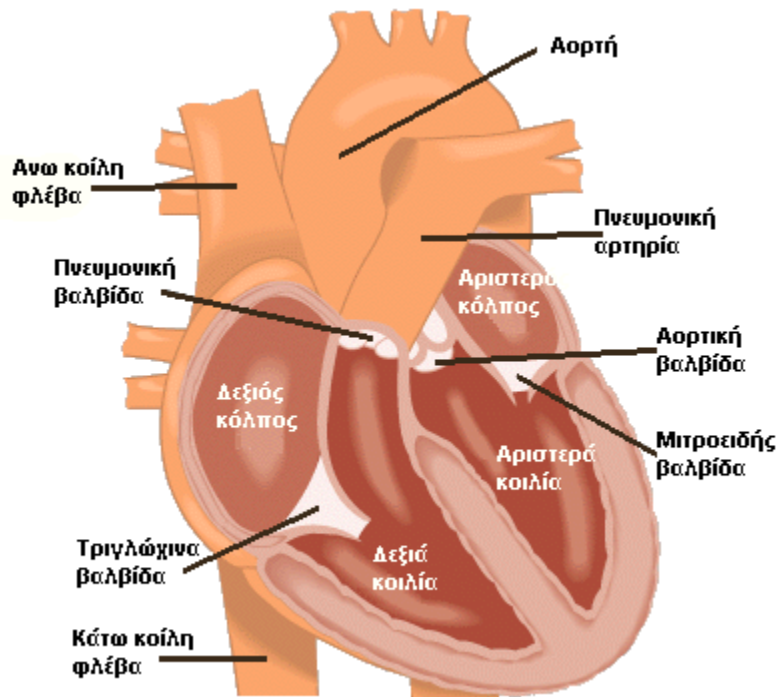
Καρδιακός παλμός (ή καρδιακός κύκλος) (5/5)



- 1. Πρώτος τόπος:** Σύγκλειση κοιλιοκοιλιακών βαλβίδων. Χαμηλής συχνότητας και με μεγάλη διάρκεια.
- 2. Δεύτερος ήχος:** Σύγκλειση πνευμονικής και αορτικής βαλβίδας. Βραχύς και απότομος ήχος γιατί οι βαλβίδες αυτές συγκλείονται απότομα.



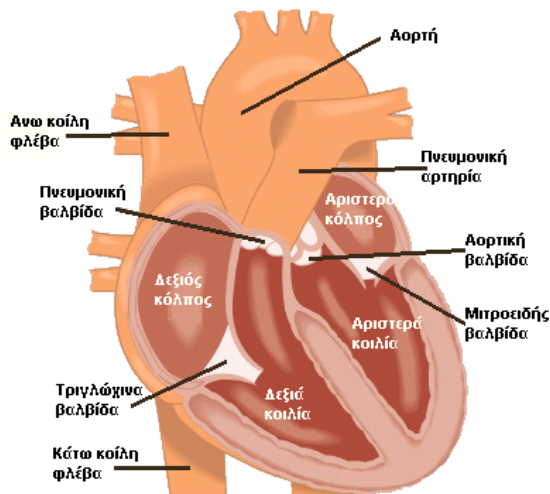
Απόδοση καρδιάς - Cardiac output



- **Ρυθμός καρδιάς (Heart beat):**
Ολοκληρωμένοι καρδιακοί κύκλοι σε διάρκεια ενός λεπτού.
 - Κυμαίνεται από 60 έως 180 χτύπους το λεπτό .
- **Όγκος παλμού (Stroke volume):**
Η ποσότητα αίματος που εξωθεί η καρδιά στο τέλος κάθε παλμού.
 - Κυμαίνεται από 70 έως 120 ml.
- **Απόδοση καρδιάς (Cardiac output, Q):**
 $Q = \text{Stroke volume} \times \text{Heart beat.}$
 $Q = 70\text{ml} \times 70 \text{ beats/min} = 4900\text{ml/min.}$



Μηχανικό έργο της καρδιάς

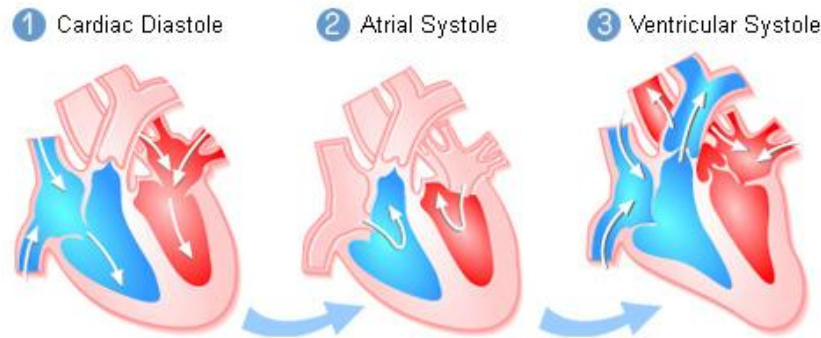


- **Μηχανικό έργο ανά καρδιακό παλμό:** Ποσό ενέργειας το οποίο η καρδιά μετατρέπει σε μηχανικό έργο σε κάθε καρδιακό κύκλο.
- Αποδίδεται:
 - Μετακίνηση του αίματος από τις φλέβες (χαμηλή πίεση) στις αρτηρίες (υψηλή πίεση) - **Έργο πίεσης ή εξωτερικό έργο.**
 - Επιτάχυνση του αίματος μέχρι της ταχύτητα της εκτόξευσής του μέσα από την αορτική και την πνευμονική βαλβίδα.

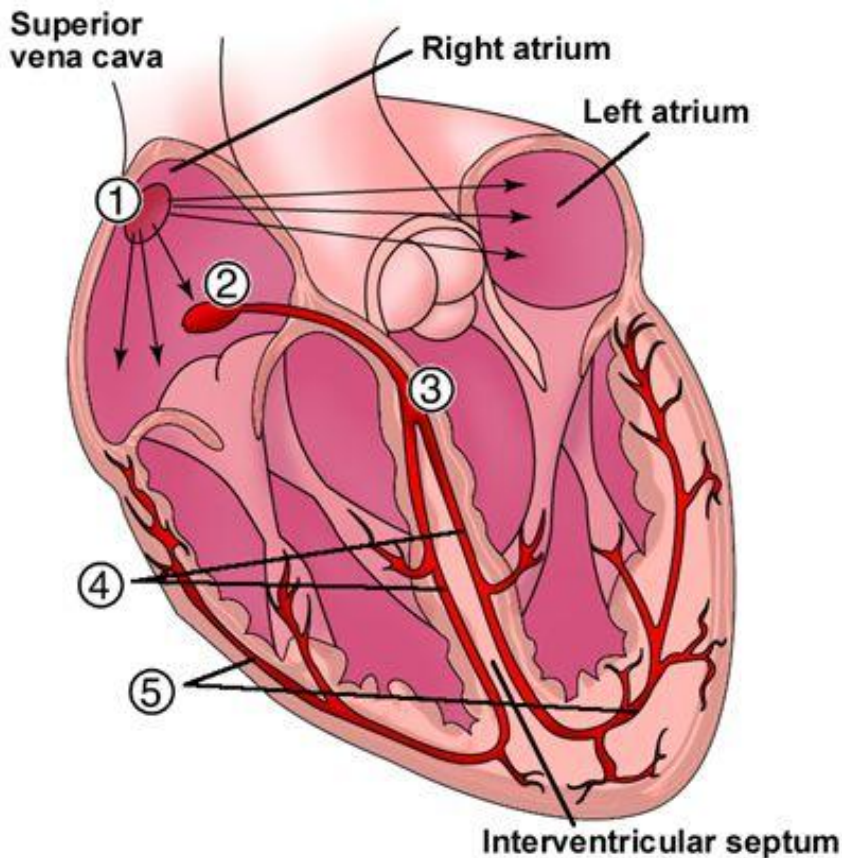


Η ρυθμική διέγερση της καρδιάς

- Η καρδιά διαθέτει ένα ιδιαίτερο σύστημα για την:
 - Παραγωγή ρυθμικών ώσεων με τις οποίες προκαλείται η ρυθμική συστολή του μυοκαρδίου.
 - Αγωγή αυτών των ώσεων ταχύτατα σε ολόκληρη την καρδιά.
- Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες οι κόλποι συστέλλονται νωρίτερα από τις κοιλίες, γεγονός που εξασφαλίζει την καλύτερη πλήρωση των κοιλιών.

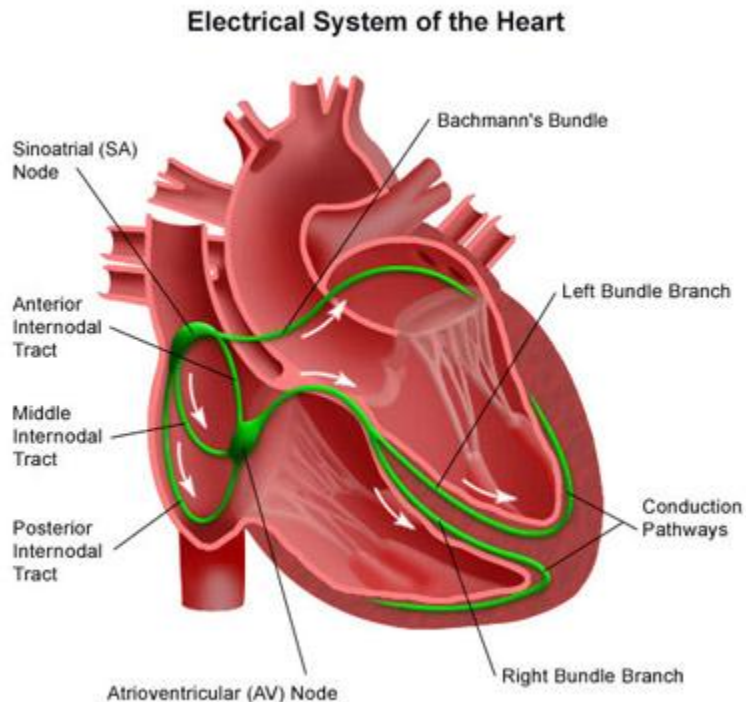


Αγωγή της διέγερσης στην καρδιά



- 1. Φλεβόκομβος (S-V node):**
Παράγει τα φυσιολογικά ρυθμικά ερεθίσματα.
- 2. Κολποκοιλιακός κόμβος (A-V node):** Καθυστερεί το ερέθισμα που προέρχεται από τους κόλπους πριν περάσει στις κοιλίες.
- 3. Το κολποκοιλιακό δεμάτιο:** Άγει τη διέγερση από τους κόλπους στις κοιλίες.
- 4. Το δεξιό και αριστερό σκέλος του δεματίου των ιών Purkinje:** Άγει τη διέγερση προς όλα τα σημεία των κοιλιών.

Ο ρόλος του φλεβόκομβου (φυσιολογικός βηματοδότης)



- Παράγει τα **φυσιολογικά ρυθμικά ερεθίσματα** της καρδιάς.
- Είναι μία μικρή, επίπεδη, ελλειψοειδής λωρίδα από εξειδικευμένο **μυϊκό ιστό**.
- Έχει πλάτος 3mm, μήκος 15mm και πάχος 1mm.
- Οι ίνες του φλεβόκομβου συνδέονται **απευθείας** με τις μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου των κόλπων.
- Οποιοδήποτε δυναμικό ενέργειας εμφανίζεται στο φλεβόκομβο **επεκτείνεται αμέσως** προς το μυοκάρδιο των κόλπων.

Η αυτοδιέγερση του φλεβόκομβου (1/2)

- Σημαντική διαφορά μεταξύ κυττάρων του μυοκαρδίου και του φλεβόκομβου.
- Δυναμικό ηρεμίας (δεν είναι σταθερό στον φλεβόκομβο):
 - Μυοκαρδίου: -90 mV.
 - Φλεβόκομβου: -55 mV.
- Όταν το δυναμικό ηρεμίας είναι -55 mV η μεμβράνη είναι ελαφρώς διαπερατοί στα ιόντα Na^+ (ενδογενή διαπερατότητα στα ιόντα Na^+).
- Ενεργό δυναμικό:
 - Συμβαίνει όταν το δυναμικό της μεμβράνης του φλεβόκομβου περάσει τα -40 mV.
 - Η φάση εκπόλωσης διαρκεί μέχρι 0 mV.



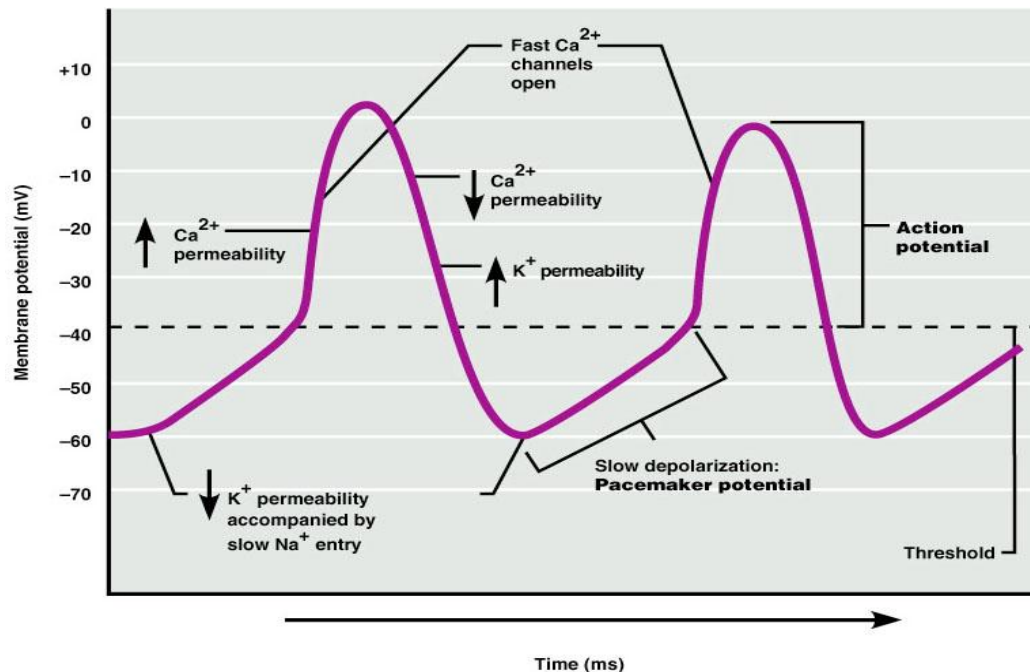
Η αυτοδιέγερση του φλεβόκομβου (2/2)

- Η επαναπόλωση συμβαίνει γιατί:
 - Οι δίαυλοι K^+ ανοίγουν, (K^+ out).
 - Στα $-60 mV$ οι δίαυλοι K^+ κλείνουν και ο φλεβόκομβος ξεκινάει να διεγείρεται από την αρχή.
- Κάθε εκπόλωση προκαλεί έναν καρδιακό παλμό.
- Ο φλεβόκομβος όταν βρίσκεται σε ηρεμία προκαλεί ένα ενεργό δυναμικό κάθε $0.8 sec$, δηλαδή 75 φορές το λεπτό.

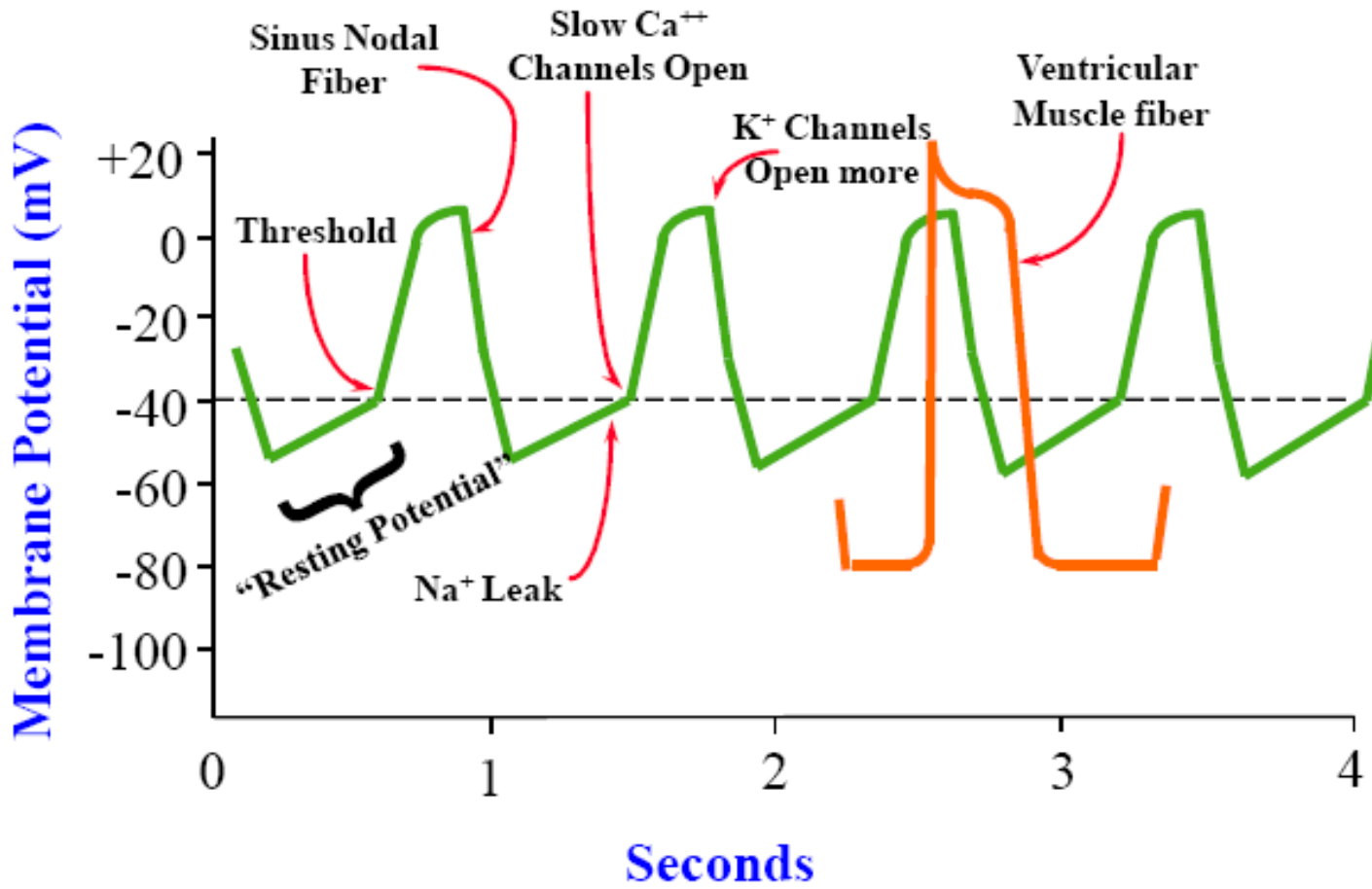


Η αυτοδιέγερση του φλεβόκομβου - Αιτία

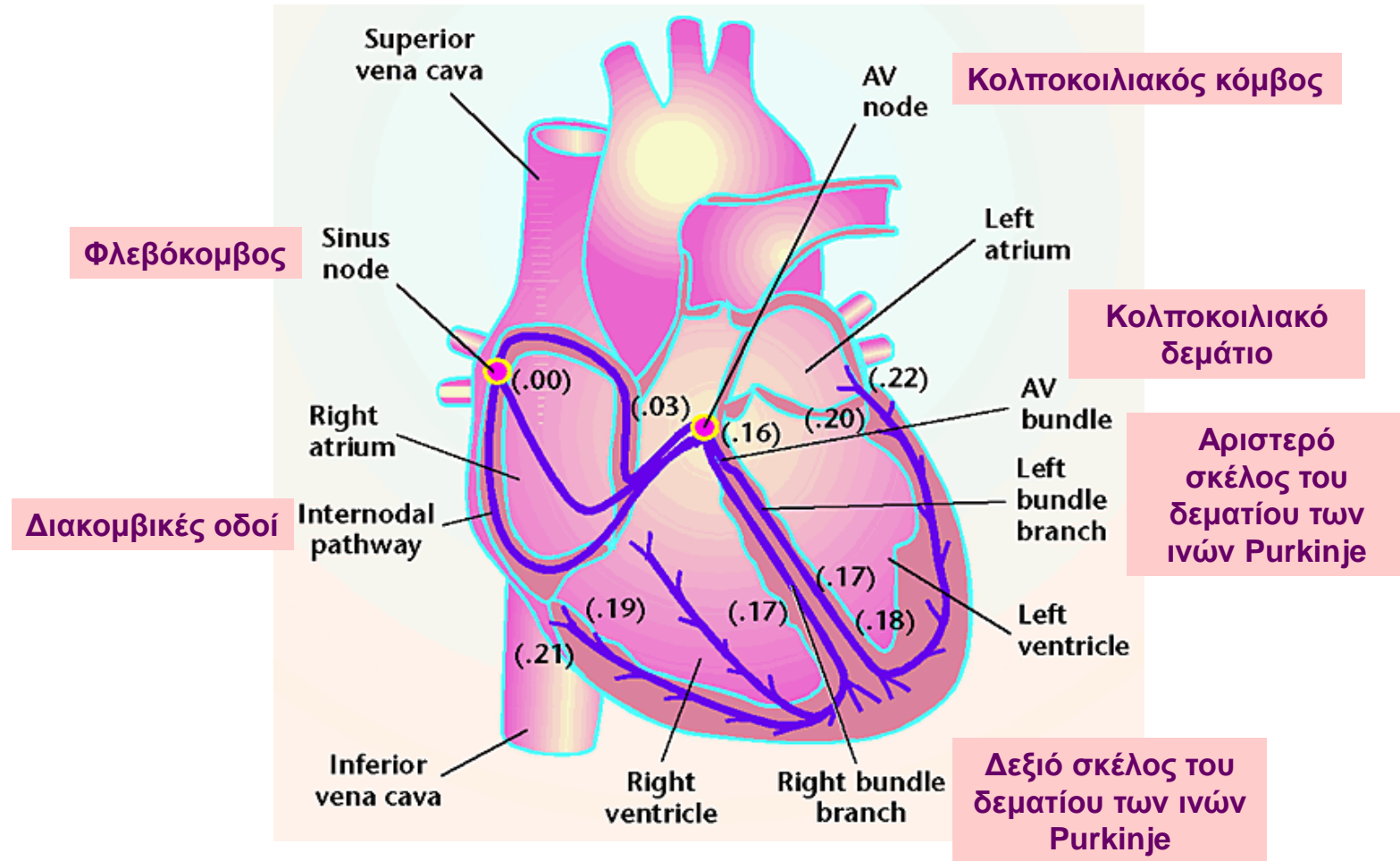
- Εκείνο που βασικά προκαλεί την αυτοδιέγερση των μυϊκών ινών του φλεβόκομβου είναι η ενδογενής διαπερατότητα της μεμβράνης του προς τα ιόντα νατρίου, εξαιτίας του χαμηλού δυναμικού ηρεμίας.



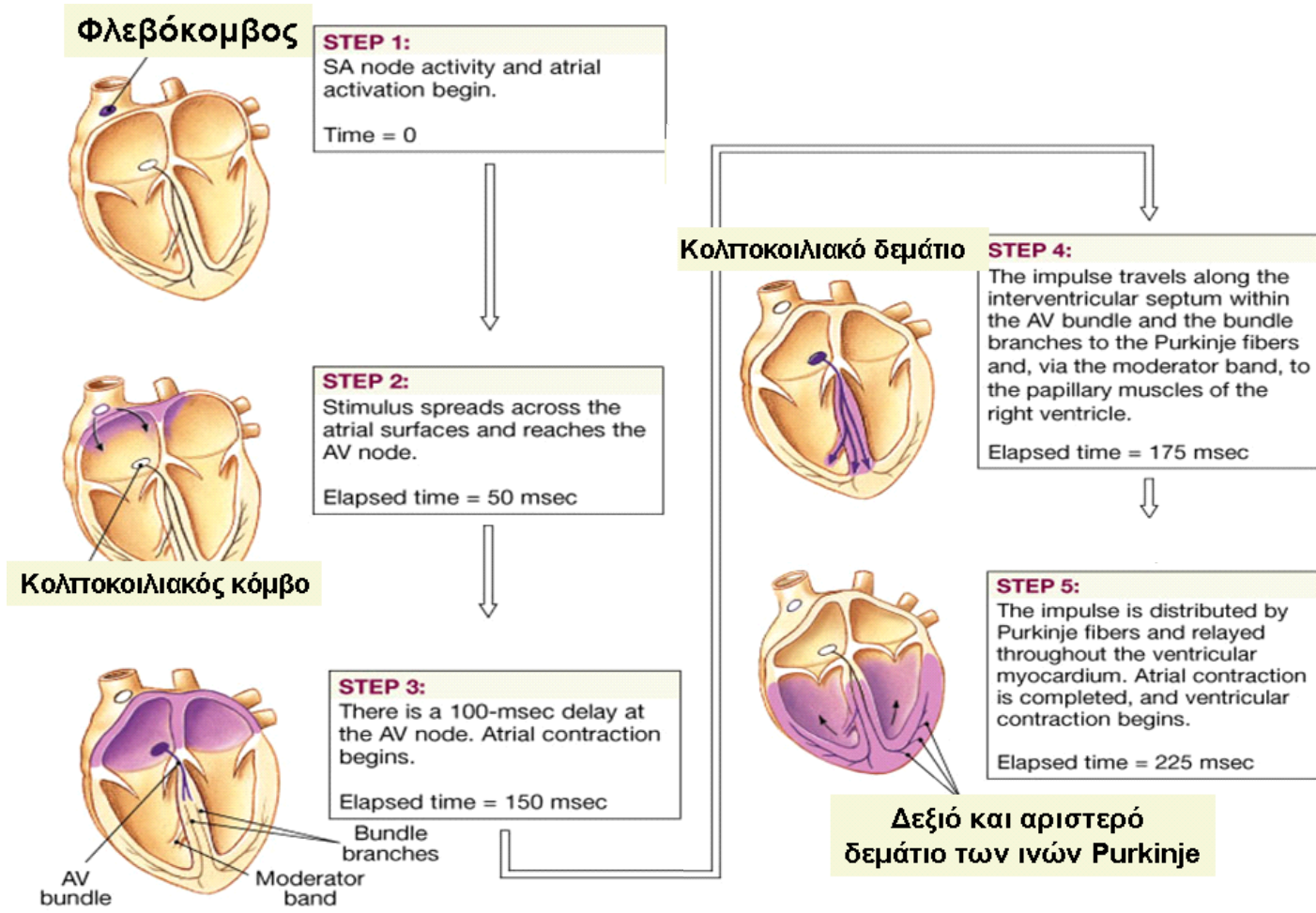
Πότε γίνεται η σύσπαση του μυοκαρδίου της καρδιάς;



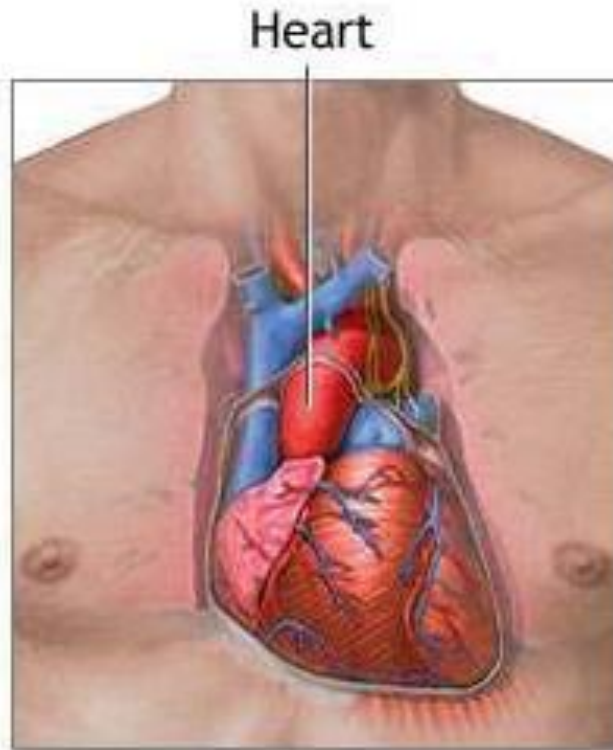
Η αγωγή της διέγερσης με ένδειξη του χρόνου σε sec



Η αγωγή της διέγερσης με ένδειξη του χρόνου σε sec



Ηλεκτροκαρδιογράφημα - Electrocardiography (ECG) (1/4)



Electrocardiogram



Ηλεκτροκαρδιογράφημα

- Electrocardiogram (ECG) (2/4)

- Κατά τη διέγερση της καρδιάς ηλεκτρικά ρεύματα εξαπλώνονται στους **ιστούς γύρω από την καρδιά** και ένα μικρό μέρος τους φθάνει μέχρι την επιφάνεια του σώματος.
- Με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο δέρμα καθίσταται δυνατή η καταγραφή των ηλεκτρικών δυναμικών που παράγονται από την καρδιά.
- Το ΗΚΓ καταγράφει τις διακυμάνσεις του ηλεκτρικού δυναμικού σε διάφορα σημεία στην επιφάνεια του σώματος.



Ηλεκτροκαρδιογράφημα

- Electrocardiogram (ECG) (3/4)

- Έτσι, αντλούνται ζωτικές πληροφορίες για:
 1. Τον ανατομικό προσανατολισμό της καρδιάς.
 2. Το σχετικό μέγεθος των διαμερισμάτων.
 3. Διάφορες διαταραχές του ρυθμού και της αγωγής.
 4. Την έκταση, το σημείο και την πρόοδο βλάβης του μυοκαρδίου.
 5. Τα αποτελέσματα από μεταβολές στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών.
 6. Την επίδραση ορισμένων φαρμάκων.

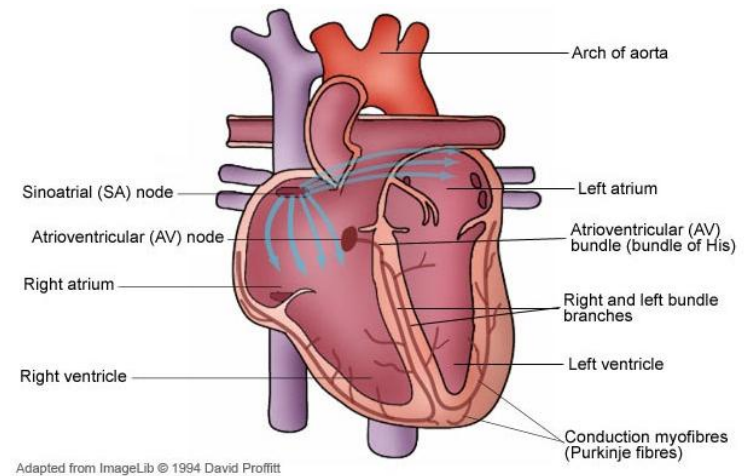


Ηλεκτροκαρδιογράφημα

- Electrocardiogram (ECG) (4/4)

1. Το **πρώτο** ηλεκτρικό δυναμικό παράγεται στο **φλεβόκομβο**.
2. Το δυναμικό αρχικά **διαχέεται στους κόλπους** και γίνεται η **συστολή** αυτών.
3. Περνά τον **κολποκοιλιακό κόμβο** και διαχέεται στις κοιλίες, μέσω του αριστερού και δεξιού σκέλους του His. Έτσι, πραγματοποιείται η **συστολή των κοιλιών**.

Το ΗΚΓ καταγράφει τα ανωτέρω ηλεκτρικά δυναμικά.



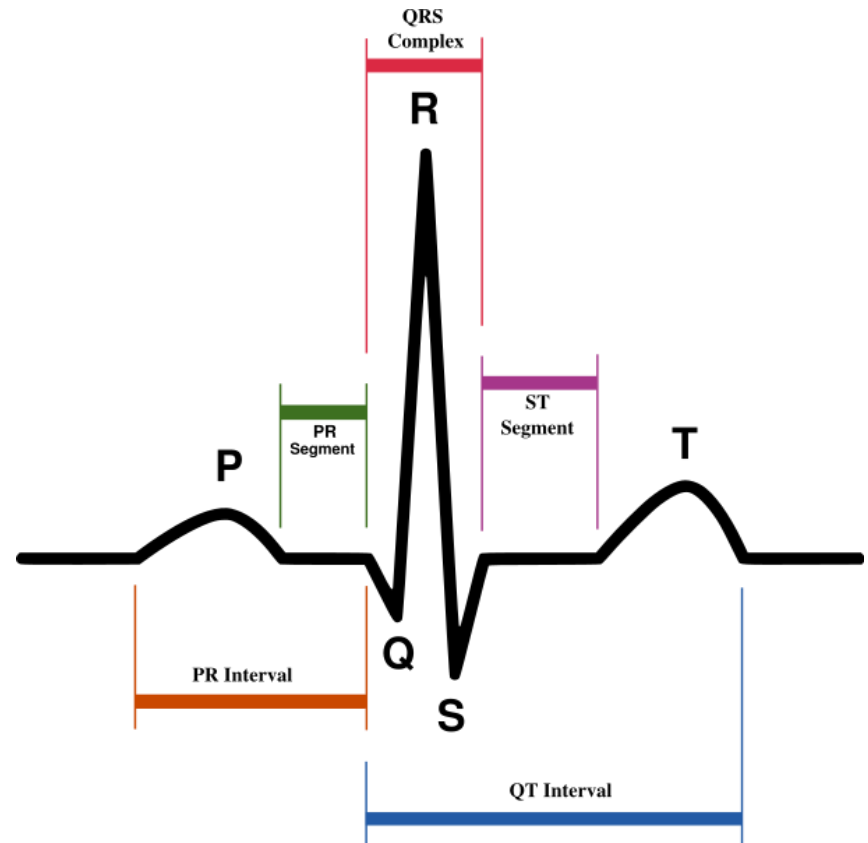
Electrocardiogram (ECG): Electrical Activity of the Heart



Ηλεκτροκαρδιογράφημα - ΗΚΓ

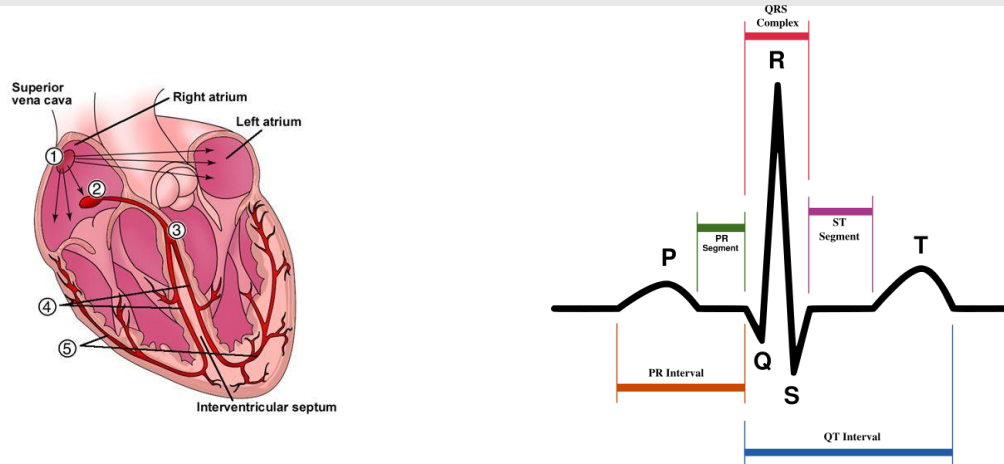
Αποτελείται από:

- 1 κύμα (ή έπαρμα) P,
- 1 σύμπλεγμα QRS , και
- 1 κύμα T.



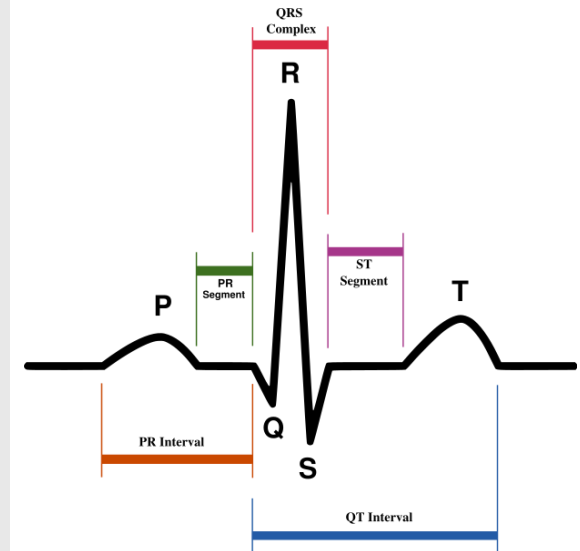
Ηλεκτροκαρδιογράφημα – ΗΚΓ & κύμα P

- **Κύμα P:** Παράγεται κατά την **εκπόλωση των κόλπων** πριν από τη συστολή τους. Φυσιολογικά διαρκεί από 0,12sec έως 0,20sec.
- **Διάστημα P-Q ή P-R:** Χρονικό διάστημα μεταξύ της αρχής του κύματος P και της αρχής του συμπλέγματος QRS. Σε μερικές περιπτώσεις ονομάζεται διάστημα P-R γιατί το κύμα Q απουσιάζει.

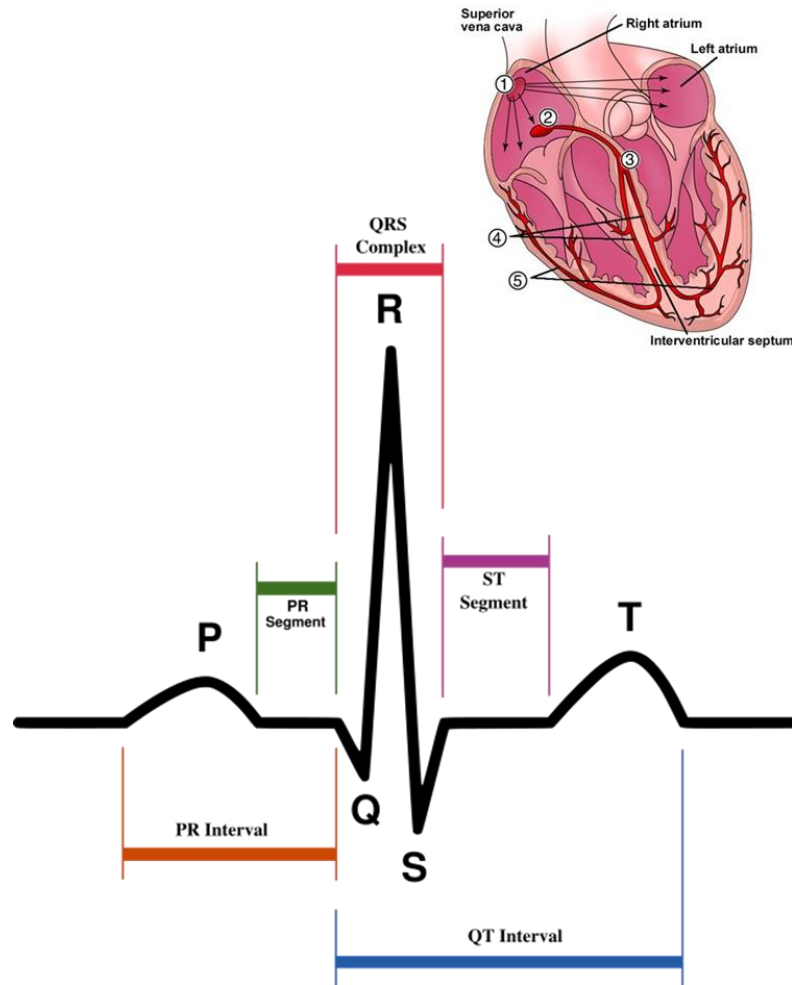


Σύμπλεγμα QRS, κύμα T και διάστημα Q-T

- **Σύμπλεγμα QRS:** Αντιπροσωπεύει την **εκπόλωση των κοιλιών** πριν τη συστολή τους, δηλαδή παράγεται κατά την επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο των κοιλιών. Αποτελείται από **τρία διαφορετικά κύματα εκπόλωσης**, το Q, R και S.
- **Έπαρμα T:** Παράγεται κατά την **ανάληψη των κοιλιών** από την κατάσταση την εκπόλωσης. Είναι **κύμα επαναπόλωσης**. Η διεργασία αυτή επιτελείται στο μυοκάρδιο των κοιλιών 0,25 έως 0,35sec **μετά** την εκπόλωση.
- **Διάστημα Q-T:** Διαρκεί από την αρχή του κύματος Q (συστολή των κοιλιών) μέχρι το τέλος του κύματος T (επαναπόλωση των κοιλιών). Η φυσιολογική του διάρκεια είναι περίπου 0,35sec.

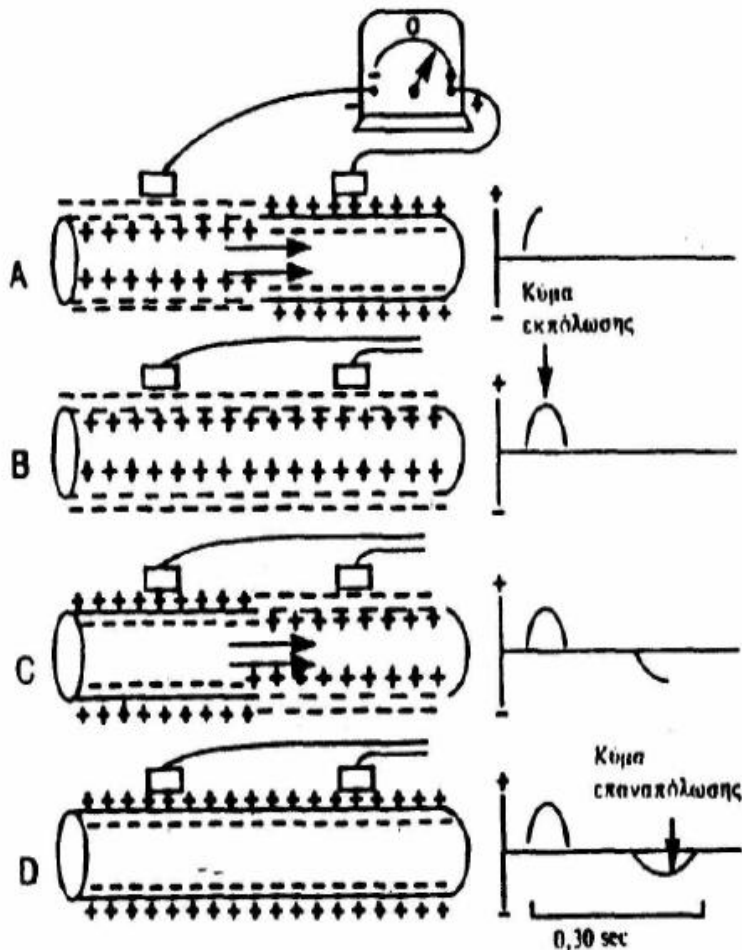


Ερμηνεία των επαρμάτων και των διαστημάτων



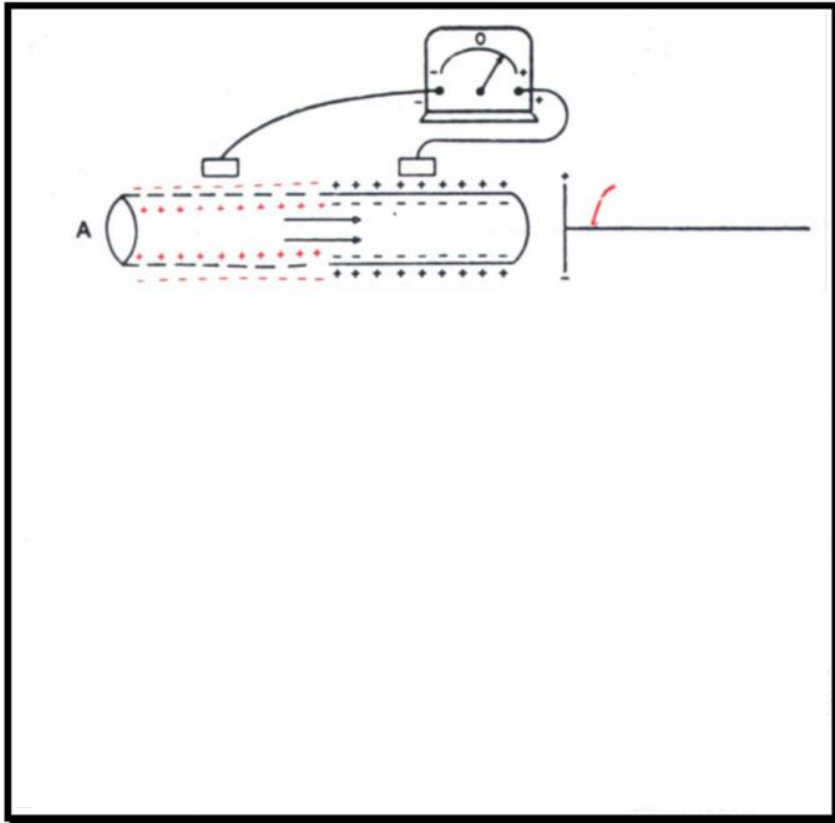
- Έπαρμα P = εκπόλωση των κόλπων.
- Διάστημα PR = εκπόλωση των κόλπων έως την αρχή της εκπόλωσης των κοιλιών.
- Διάστημα PQ = διέλευση ερεθίσματος από τον κολποκοιλιακό κόμβο.
- Σύμπλεγμα QRS = εκπόλωση των κοιλιών.
- Διάστημα QT = πλήρης κύκλος εκπόλωσης και επαναπόλωσης των κοιλιών.
- Διάστημα ST = τέλος εκπόλωσης έως την αρχή της επαναπόλωσης των κοιλιών.
- Έπαρμα T = επαναπόλωση των κοιλιών.

Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης (1/5)



- Μπορούμε να παραστήσουμε τη συμπεριφορά μιας μυϊκής ίνας σε τέσσερα διαφορετικά στάδια **εκπόλωσης και επαναπόλωσης**.
- Κατά τη διεργασία της εκπόλωσης το φυσιολογικό αρνητικό δυναμικό στο εσωτερικό της ίνας παύει να υπάρχει.
- Επίσης, το δυναμικό της μεμβράνης αντιστρέφεται, δηλαδή γίνεται ελαφρά θετικό στο εσωτερικό της ίνας και αρνητικό στο εξωτερικό της ίνας.

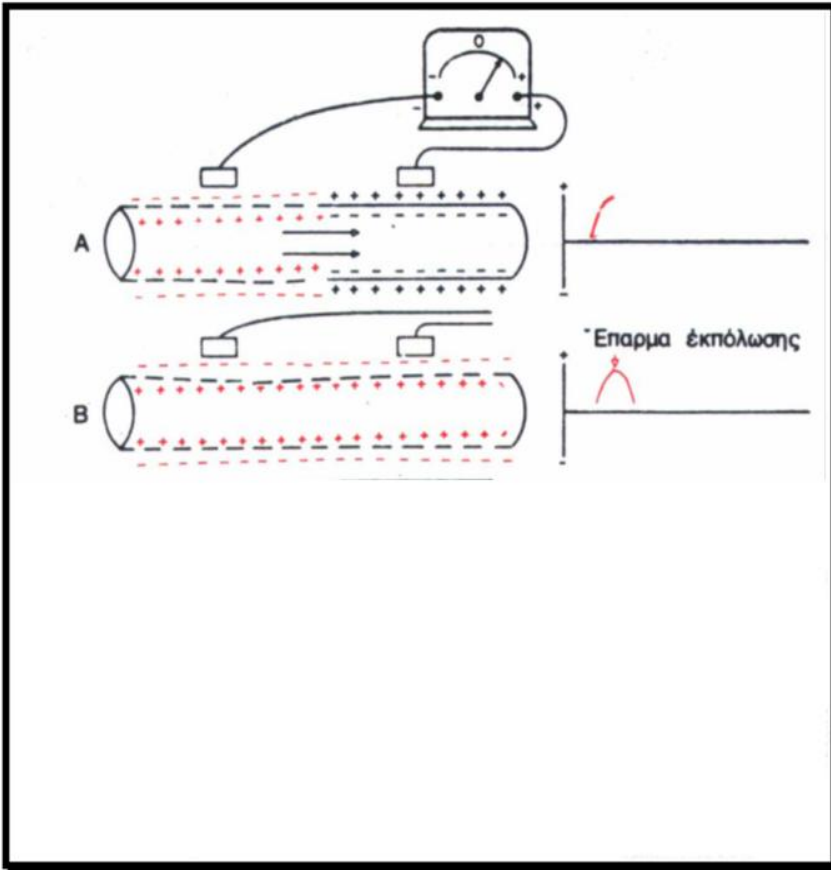
Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης (2/5)



A

- Η διεργασία της εκπόλωσης επεκτείνεται **από τα αριστερά στα δεξιά**.
- Το πρώτο μισό τμήμα της ίνας έχει ήδη υποστεί εκπόλωση ενώ το υπόλοιπο μισό διατηρεί ακόμη της πόλωση του.
- Το αριστερό ηλεκτρόδιο πάνω στην ίνα βρίσκεται σε **περιοχή αρνητικότητας**, ενώ το δεξιό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε **περιοχή θετικότητας**.
- Αυτό καταγράφεται ως **θετική απόκλιση**.

Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης (3/5)

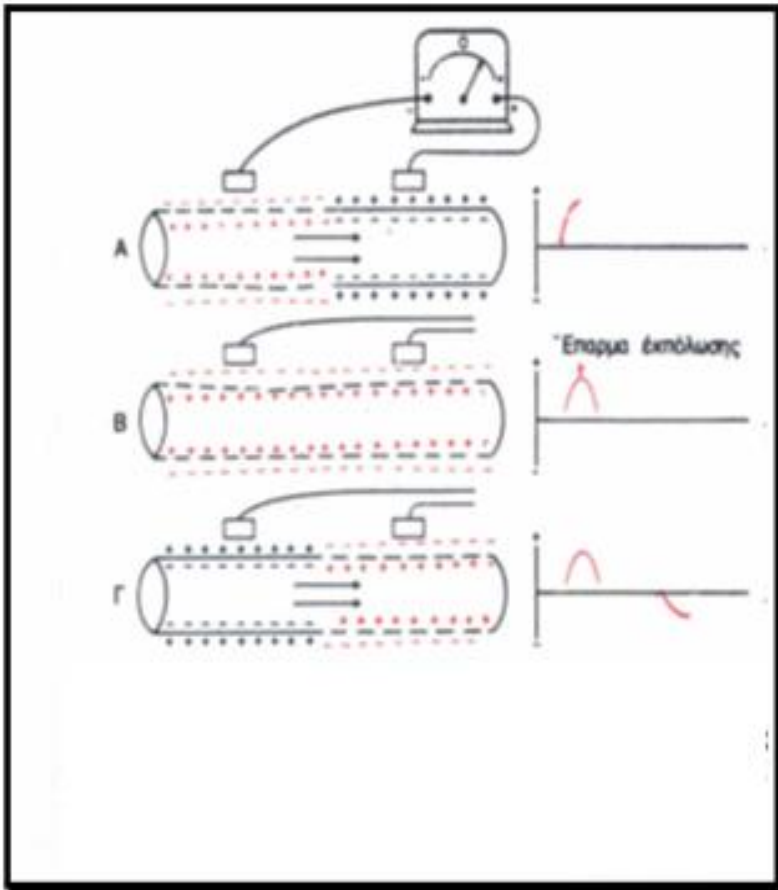


B

- Η εκπόλωση έχει επεκταθεί σε **ολόκληρη τη μυϊκή ίνα**.
- Η καμπύλη έχει επανέλθει στην **ισοηλεκτρική γραμμή** επειδή και τα δύο ηλεκτρόδια βρίσκονται τώρα σε περιοχές **ίσης αρνητικότητας** μεταξύ τους.
- Το συμπληρωμένο αυτό κύμα είναι **κύμα εκπόλωσης**, γιατί προκαλείται από της επέκταση της διέγερσης σε ολόκληρο το μήκος της μυϊκής ίνας.



Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης (4/5)

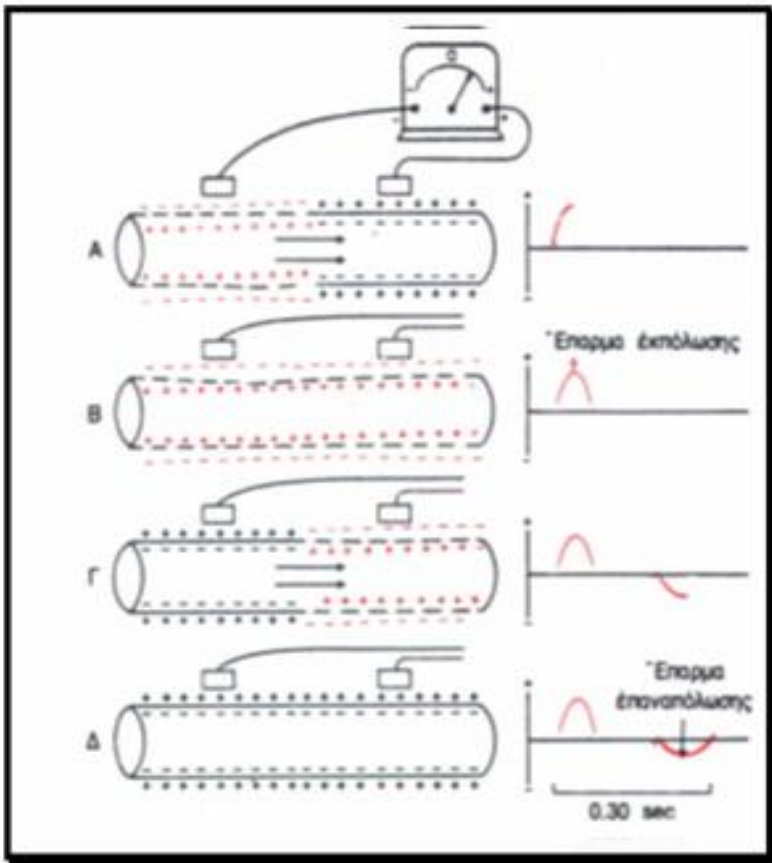


Γ

- Απεικονίζεται η διεργασία **επαναπόλωσης της μυϊκής ίνας**, η οποία έχει ήδη προχωρήσει ως το μέσο της ίνας, από αριστερά προς τα δεξιά.
- Το δεξιό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε επαφή με περιοχή θετικότητας και το αριστερό ηλεκτρόδιο με περιοχή αρνητικότητας.
- Η καμπύλη δυναμικού γίνεται **αρνητική**.



Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης (5/5)



Δ

- Η μυϊκή ίνα έχει **πλήρως επαναπολωθεί**.
- Τα δύο ηλεκτρόδια βρίσκονται σε επαφή με **περιοχές θετικότητας**, με αποτέλεσμα να μην υφίσταται πια διαφορά δυναμικού μεταξύ τους.
- Το δυναμικό **επανέρχεται** και πάλι στην **ισοηλεκτρική γραμμή**.
- Το συμπληρωμένο αυτό αρνητικό κύμα χαρακτηρίζεται ως **κύμα επαναπόλωσης** επειδή προκαλείται από της **επέκταση της διεργασίας επαναπόλωσης** πάνω στη μυϊκή ίνα.

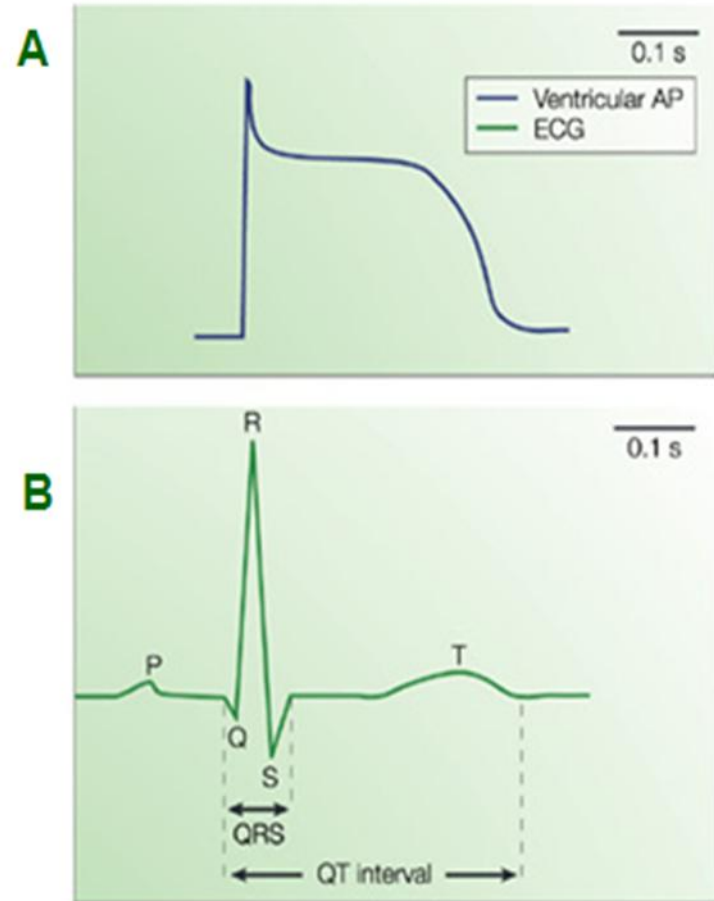


Σχέση μονοφασικού δυναμικού ενέργειας του μυοκαρδίου των κοιλιών προς τα κύματα QRS και T

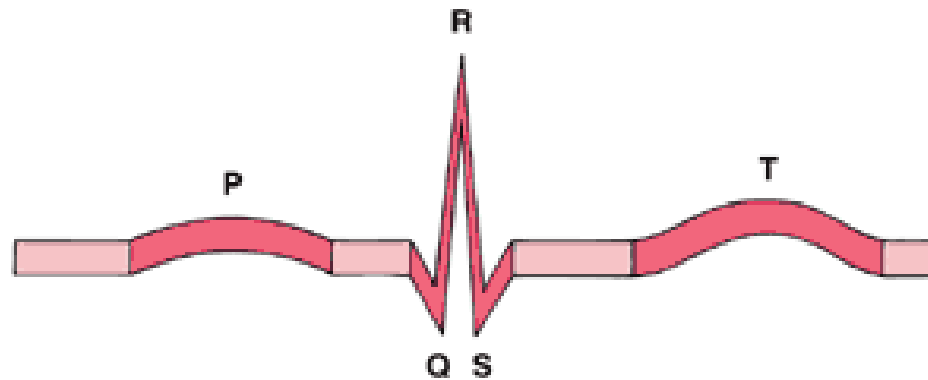
A. Μονοφασικό δυναμικό μετά από καταγραφή με μικροηλεκτρόδιο που έχει εισαχθεί μέσα με μυϊκή ίνα του μυοκαρδίου των κοιλιών.

B. Ηλεκτροκαρδιογράφημα – ΗΚΓ.

- Το κύμα P εμφανίζεται κατά την έναρξη της συστολής των κόλπων.
- Το κύμα T αντιπροσωπεύει την επαναπόλωση των κοιλιών.



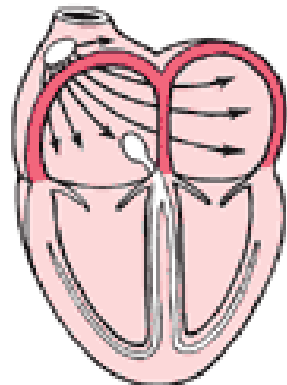
Ηλεκτροκαρδιογράφημα & ηλεκτρική διέγερση της καρδιάς



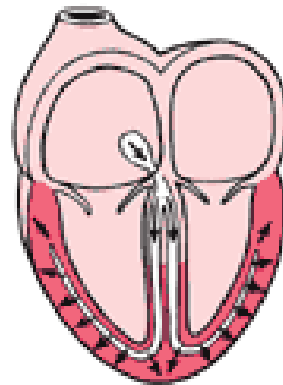
Κύμα P

QRS σύμπλεγμα

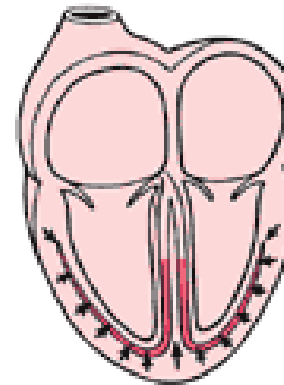
Κύμα T



Συστολή του κοιλίου

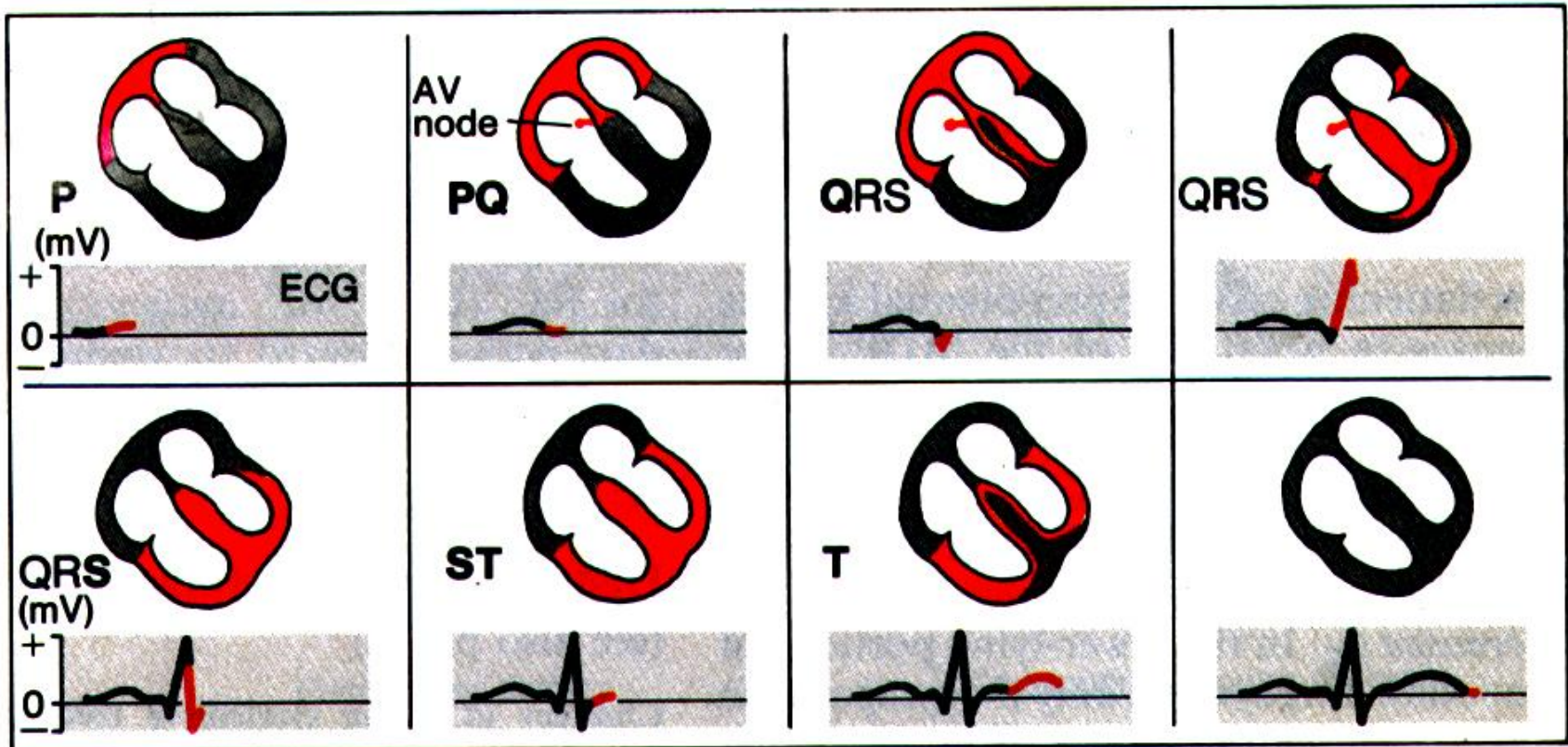


Συστολή της κοιλίας



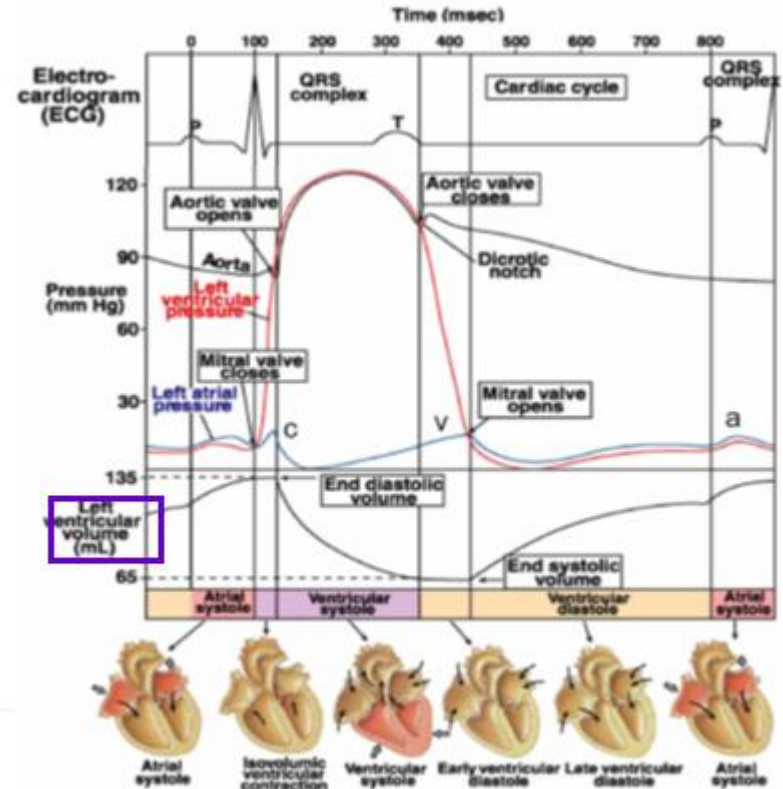
Επαναπόλωση

Φάσεις καρδιακής λειτουργίας και ΗΚΓ



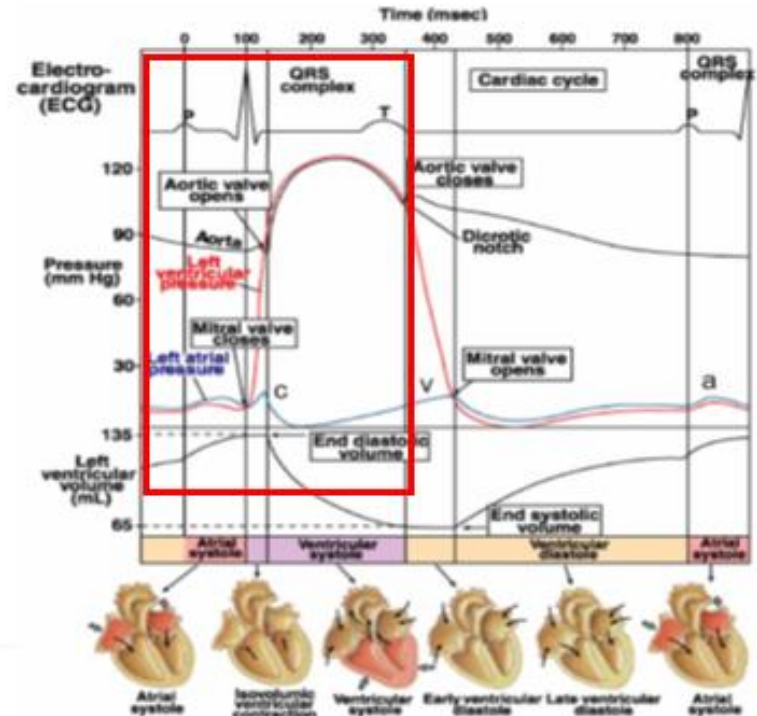
Wiggers diagram (1/3)

- Το έπαρμα P προκαλείται από την εκπόλωση των κόλπων, η οποία ακολουθείται από τη ελαφρά ανύψωση της ενδοκοιλιακής πίεσης αμέσως μετά το έπαρμα P.

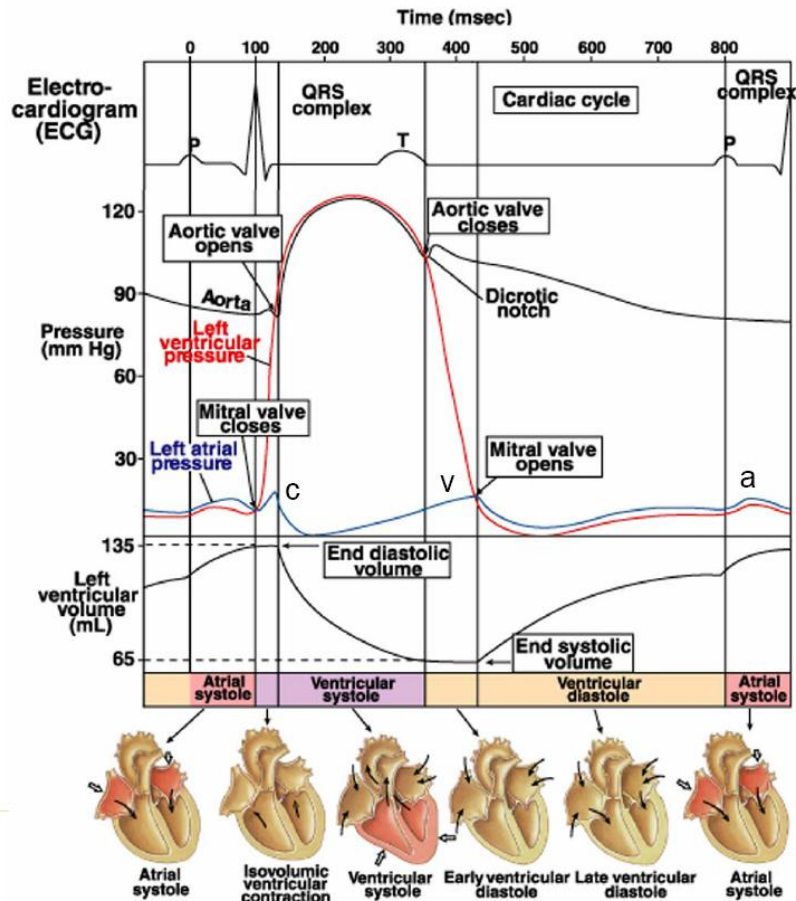


Wiggers diagram (2/3)

- Μετά από 0,16sec από την έναρξη της κοιλιακής εκπόλωσης (έπαρμα P), αρχίζει η κοιλιακή συστολή (σύμπλεγμα QRS).
- Σημαντική αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης.
- Το σύμπλεγμα QRS αρχίζει ελάχιστο χρόνο πριν τη συστολή των κοιλιών.



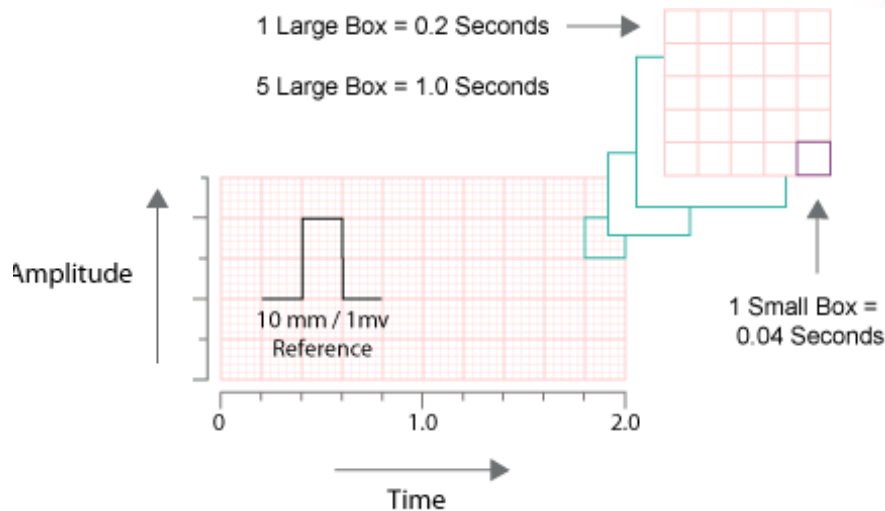
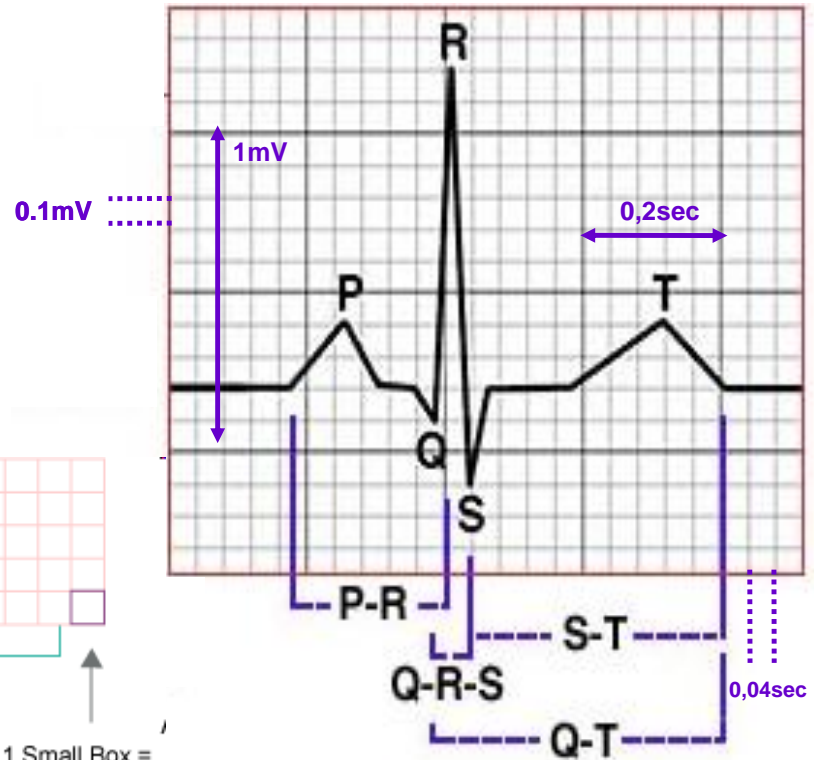
Wiggers diagram (3/3)



- Κατά την περίοδο επαναπόλωσης των κοιλιών δημιουργείται το έπαρμα T.
- Οι μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου των κοιλιών αρχίζουν να χαλαρώνουν .
- Το έπαρμα T εμφανίζεται ελάχιστο χρονικό διάστημα πριν από το τέλος της συστολής των κοιλιών.
- Μειώνεται σημαντικά η πίεση στο εσωτερικό των κόλπων.



Η βαθμονόμηση του ΗΚΓ ως προς την ηλεκτρική τάση και το χρόνο



Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις στο ΗΚΓ

- Η ηλεκτρική τάση των κυμάτων του ΗΚΓ **εξαρτάται από τον τρόπο τοποθέτησης** των ηλεκτροδίων στην επιφάνεια του σώματος.
- Όταν το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται **αμέσως πάνω στην καρδιά** και το δεύτερο ηλεκτρόδιο τοποθετείται σε κάποιο άλλο σημείο του σώματος η ηλεκτρική **τάση του QRS φτάνει τα 3 ή 4mV**.
- Όταν τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στα **δύο άνω άκρα** είτε σε **ένα άνω** και σε **ένα κάτω** άκρο η ηλεκτρική τάση του QRS είναι **συνήθως 1mV**.
- Η ηλεκτρική τάση του **κύματος P** είναι **0,1-0,3mV** και του **κύματος T** είναι **0,2-0,3mV**.



Συχνότητα (χτύποι / λεπτό) καρδιακής λειτουργίας

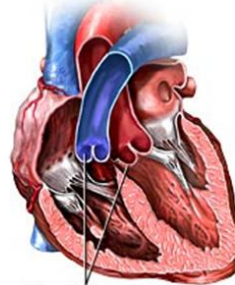
- Το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαδοχικών (περίοδος, T) καρδιακών παλμών είναι το αντίστροφο της καρδιακής συχνότητας.
- $f = 1/T$:
 - f = συχνότητα.
 - T = περίοδος.
- Αν το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών καρδιακών παλμών είναι **1sec**, τότε η καρδιακή συχνότητα είναι **60 χτύποι το λεπτό**.
- Αν η διάρκεια ενός παλμού είναι 0,83sec, τότε σε ένα λεπτό πραγματοποιούνται **60/0,83 = 72 καρδιακοί παλμοί**.

First heart sound, "lub", occurs when atrioventricular valves close



Atrioventricular valves

Second heart sound, "dup", occurs when semilunar valves close



Semilunar valves

ADAM

www.drugs.com/enc/image_pages/19613.html



Υπολογισμός καρδιακής συχνότητας (1/2)



- **Normal heart rhythm:**

4,2 τετράγωνα x 0,2 sec = 0,84 sec each beat.

In 60 sec: $60/0,84 = 72$ beats per minute.

Or, in 60 sec: $60/0,2 \times 4,2 = 300 / 4,2 = 72$ beats per minute.

- **Bradycardia:**

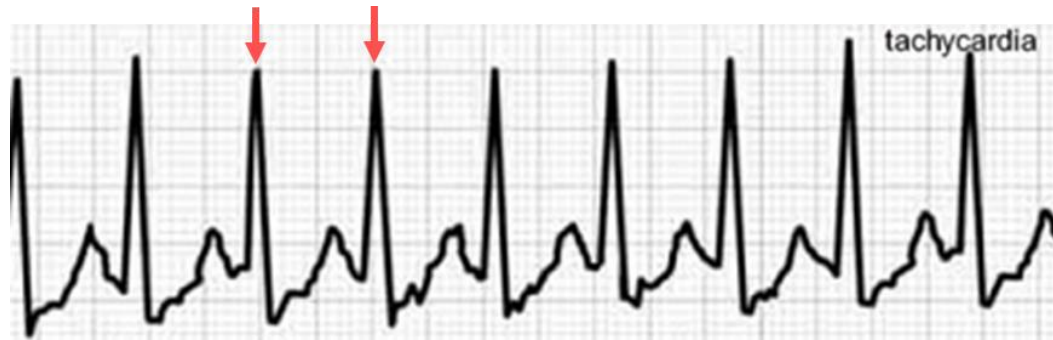
7 τετράγωνα x 0,2 sec = 1,4 sec each beat.

In 60 sec: $60/1,4 = 43$ beats per minute.

Or, in 60 sec: $60/0,2 \times 7 = 300 / 7 = 43$ beats per minute.



Υπολογισμός καρδιακής συχνότητας (2/2)



- **Tachycardia:**

2 squares between 2 picks
 $300 / 2 = 150$ beats per minute.

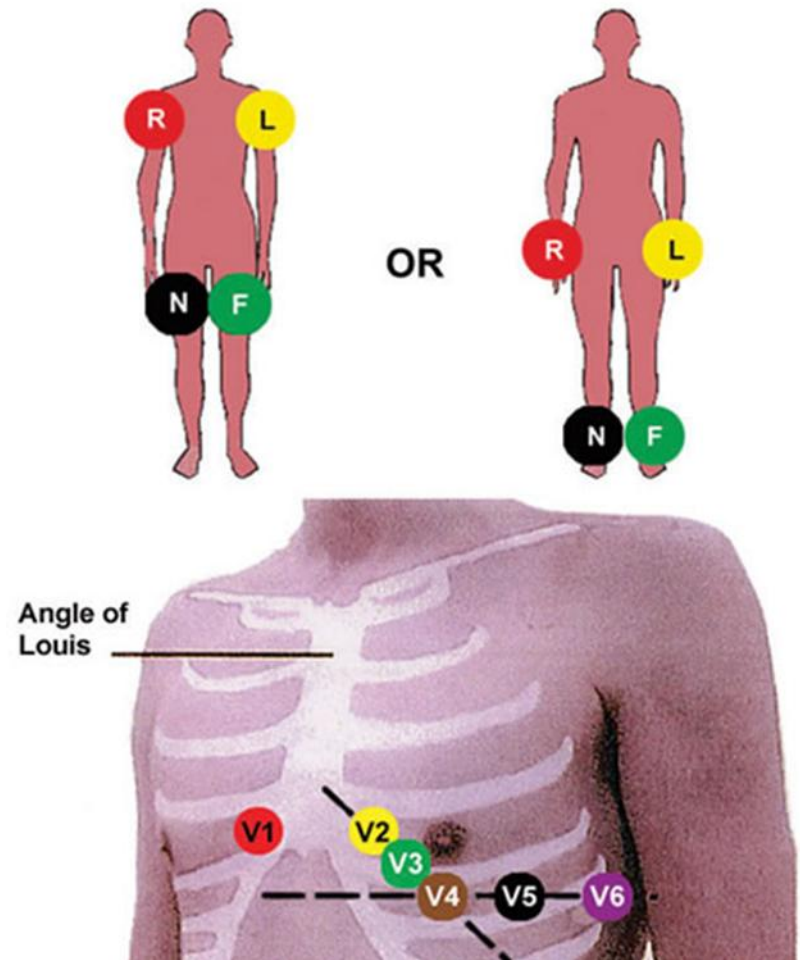
- **Επαλήθευση:**

2 squares between 2 picks = $2 \times 0,2 \text{ sec} = 0,4 \text{ sec}$.
Σε ένα λεπτό ή σε 60 δευτερόλεπτα = $60 / 0,4 = 150 \text{ bpm}$.

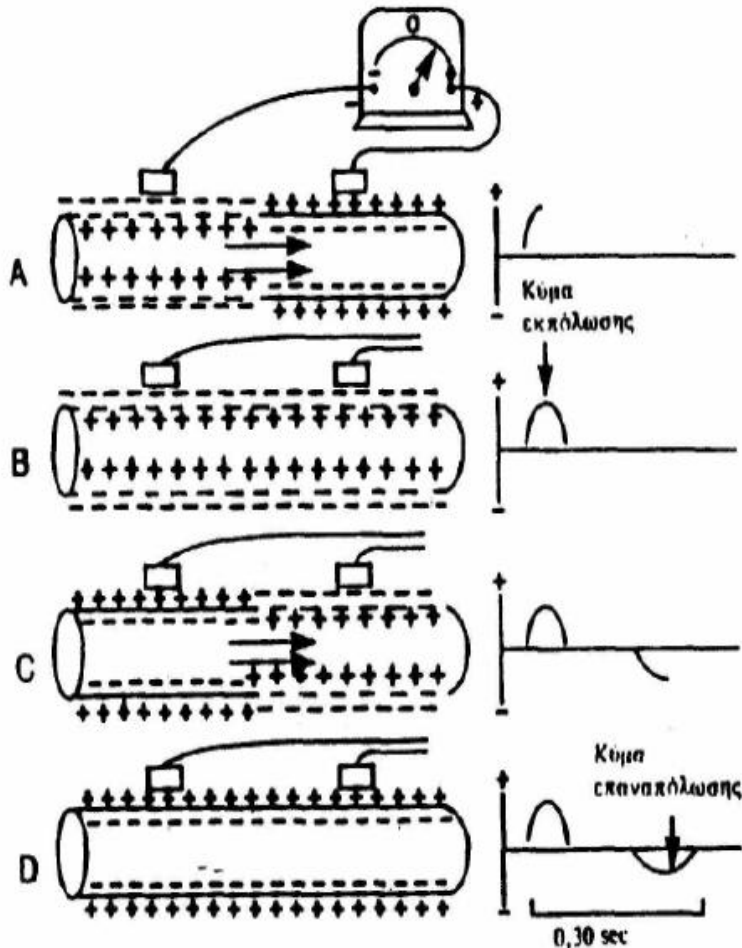
Πώς γίνεται το ΗΚΓ; (1/4)

- Με τον **ηλεκτροκαρδιογράφο**, ένα ευαίσθητο **βολτόμετρο** που καταγράφει μέσω ηλεκτροδίων τις διαφορές δυναμικού στην επιφάνεια του σώματος που προκύπτουν κατά τη λειτουργία της καρδιάς.
- **Αποτελείται από:**
 - Μία **κεντρική μονάδα**
 - Ένα καλώδιο με 10 ηλεκτρόδια
 - Τα 4 συνδέονται από ένα στα χέρια και στα πόδια και
 - Τα 6 μπροστά στο θώρακα.

Ταχύτητα καταγραφής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος:
25mm/sec.



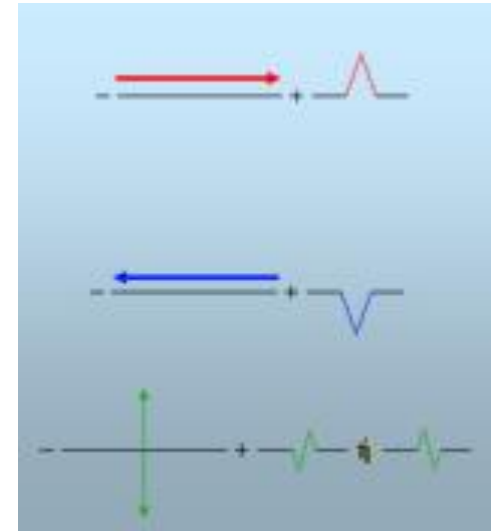
Κύματα εκπόλωσης και κύματα επαναπόλωσης



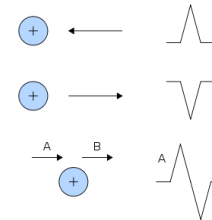
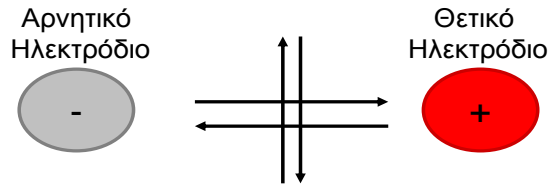
- Μπορούμε να παραστήσουμε τη συμπεριφορά μιας μυϊκής ίνας σε τέσσερα διαφορετικά στάδια **εκπόλωσης και επαναπόλωσης**.
- Κατά τη διεργασία της εκπόλωσης το φυσιολογικό αρνητικό δυναμικό στο εσωτερικό της ίνας παύει να υπάρχει.
- Επίσης, το δυναμικό της μεμβράνης αντιστρέφεται, δηλαδή γίνεται ελαφρά θετικό στο εσωτερικό της ίνας και αρνητικό στο εξωτερικό της ίνας.

Πώς γίνεται το ΗΚΓ; (2/4)

- Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε διάφορες τυπικές θέσεις
- Η πολικότητα της εγγραφής, κατά τη διάρκεια κάθε καρδιακού παλμού, καθορίζεται από τον προσανατολισμό των ηλεκτροδίων σε σχέση με την κατεύθυνση του ρεύματος στην καρδιά.
- Όταν το κύμα εκπόλωσης οδεύει **από το αρνητικό προς το θετικό ηλεκτρόδιο** του ηλεκτροκαρδιογράφου, η γραφίδα κινείται προς τα πάνω και καταγράφει **θετική απόκλιση**.
- Όταν το κύμα της εκπόλωσης οδεύει **από το θετικό προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο**, η κίνηση της γραφίδας καταγράφει **αρνητική απόκλιση**.
- Όταν το κύμα εκπόλωσης επεκτείνεται **κάθετα προς μια απαγωγή** θα καταγραφεί **διφασική απόκλιση**.



Πώς γίνεται το ΗΚΓ; (3/4)

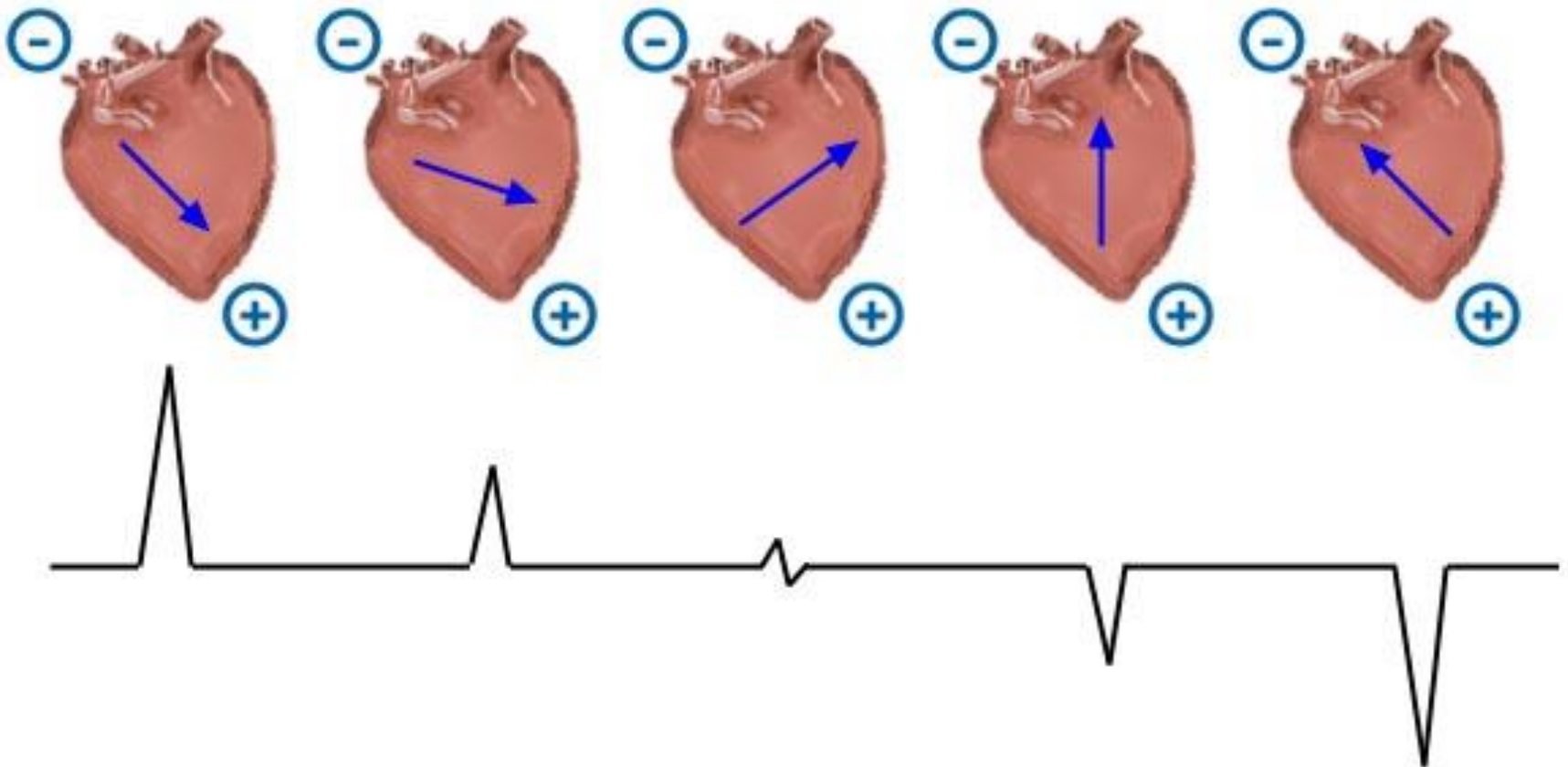


Κύμα	Κατεύθυνση	Καταγραφή	Καταγραφή
Εκπόλωσης-διέγερσης	- → +	Θετική	
Εκπόλωσης-διέγερσης	- ← +	Αρνητική	
Επαναπόλωσης	- → +	Αρνητική	
Επαναπόλωσης	- ← +	Θετική	
Εκπόλωσης ή επαναπόλωσης	- ↑↓ +	Διφασική εκτροπή	

- Το στιγμιαίο πλάτος του δυναμικού εξαρτάται από την κατεύθυνση του θετικού ηλεκτροδίου σε σχέση με το μέσο ηλεκτρικό άνυσμα-άξονα (mean electrical vector).
- Το πλάτος του δυναμικού εξαρτάται άμεσα από τη μάζα του ιστού που αποπολώνεται ή επαναπολώνεται.

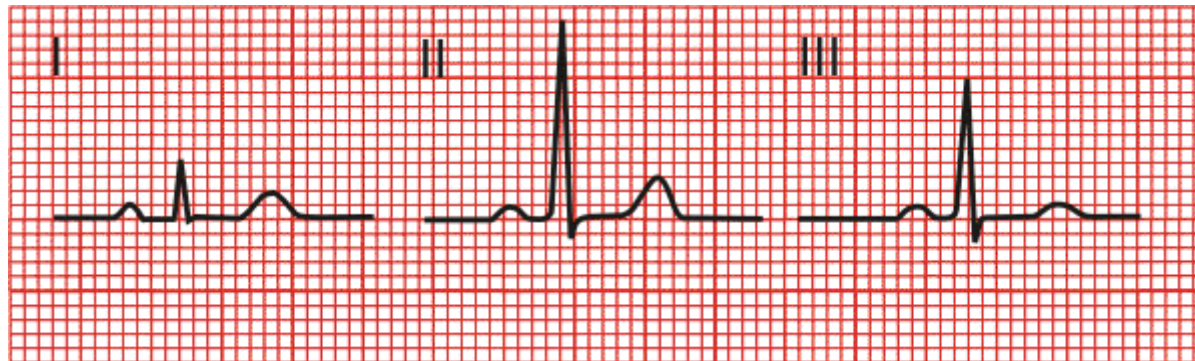


Πώς γίνεται το ΗΚΓ; (4/4)

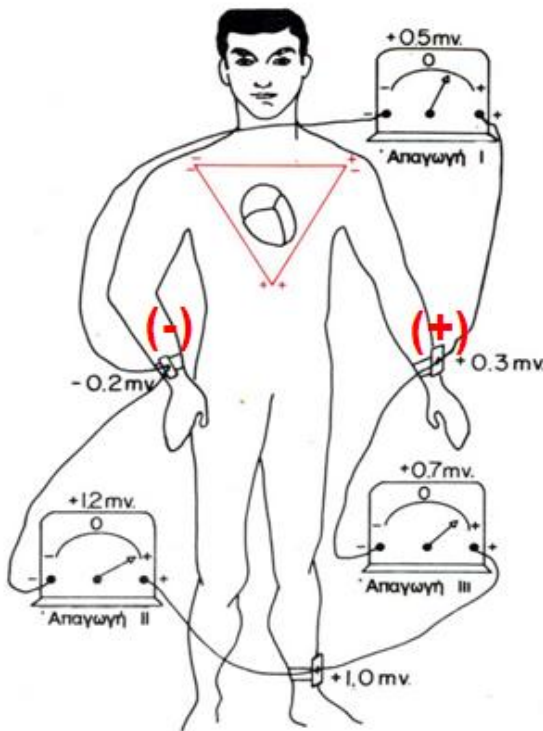


3 Βασικές Απαγωγές: I, II & III

- Limb leads



Απαγωγή I

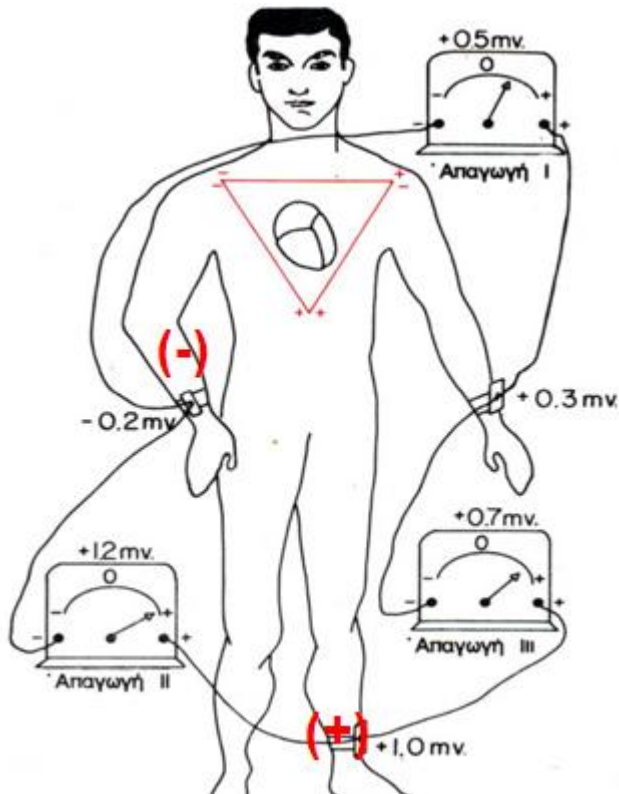


- Το αρνητικό ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο δεξιό άνω άκρο και το θετικό ηλεκτρόδιο στο αριστερό άνω άκρο. Θετική καταγραφή όταν το δεξιό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό άνω άκρο. **Απαγωγή I:** Το (-) του ΗΚΓφου τοποθετείται στο δεξιό άνω άκρο (RA) και το (+) του στο αριστερό άνω άκρο (LA).

$$\rightarrow \text{Απαγωγή I} = V_{LA} - V_{RA}$$

- όταν το σημείο στον θώρακα όπου το δεξιό άνω άκρο συνδέεται με το σώμα είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το σημείο στο οποίο το αριστερό άνω άκρο συνδέεται με τον θώρακα, ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει **θετικό έπαρμα**.
- Όταν η πολικότητα μεταβάλλεται, το καταγραφόμενο έπαρμα είναι **αρνητικό**, δηλαδή κάτω από την ισοηλεκτρική γραμμή.

Απαγωγή II



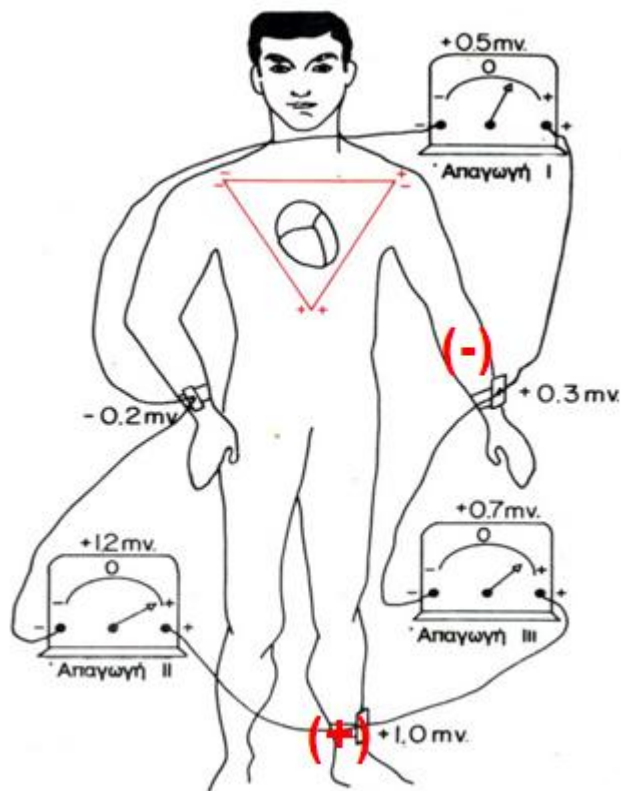
- **Απαγωγή II:** Το αρνητικό ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο **δεξιό άνω άκρο** και το **θετικό ηλεκτρόδιο** στο **αριστερό κάτω άκρο**. Θετική καταγραφή όταν το δεξιό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο.

Απαγωγή II: Το (-) του ΗΚΓφου τοποθετείται στο δεξιό άνω άκρο (RA) και το (+) στο αριστερό κάτω άκρο (LL).

$$\rightarrow \text{Απαγωγή II} = V_{LL} - V_{RA}$$

- Κατά συνέπεια, όταν το δεξιό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο, ο ΗΚΓφος καταγράφει θετικό έπαρμα.

Απαγωγή III



- **Απαγωγή III:** Το αρνητικό ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο **αριστερό άνω άκρο** και το **θετικό ηλεκτρόδιο** στο **αριστερό κάτω άκρο**. Θετική καταγραφή όταν το αριστερό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο.

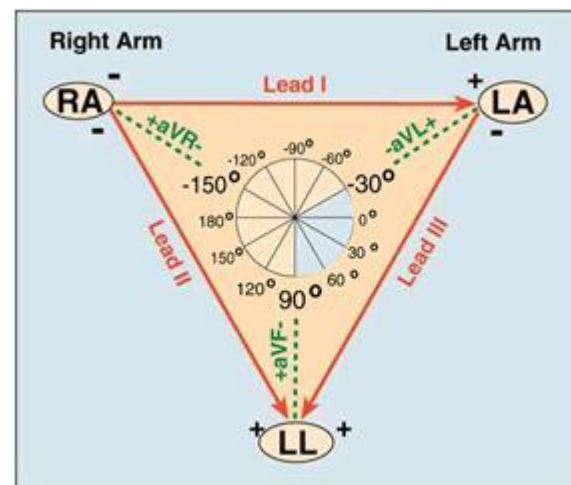
- **Απαγωγή III:** το (-) του ΗΚΓφου τοποθετείται στο αριστερό άνω άκρο (LA), και το (+) στο αριστερό κάτω άκρο (LL).

$$\rightarrow \text{Απαγωγή III} = V_{LL} - V_{LA}$$

- Αυτό σημαίνει ότι ο ΗΚΓφος καταγράφει θετικό έπαρμα όταν το αριστερό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο.

Τρίγωνο του Einthoven (1/2)

- Το **ισόπλευρο τρίγωνο** που περιβάλλει την καρδιά.
- Οι δύο άνω γωνίες παριστάνουν τα σημεία στα οποία τα **δύο άνω άκρα** πραγματοποιούν ηλεκτρική σύνδεση με τα υγρά που περιβάλλουν την καρδιά και η κάτω γωνία αποτελεί τα το σημείο στο οποίο το **αριστερό άκρο** συνδέεται με αυτά τα υγρά.
- **Νόμος του Einthoven:**
 - Για δεδομένη χρονική στιγμή το δυναμικό μιας απαγωγής μπορεί να υπολογιστεί από τις δύο πρώτες, λαμβάνοντας υπόψη τα θετικά και αρνητικά σημεία των απαγωγών.



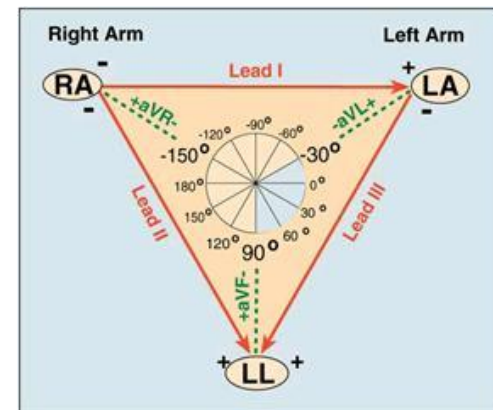
Τρίγωνο του Einthoven (2/2)

- $V_I = V_{LA} - V_{RA}$
- $V_{II} = V_{LL} - V_{RA}$
- $V_{III} = V_{LL} - V_{LA}$

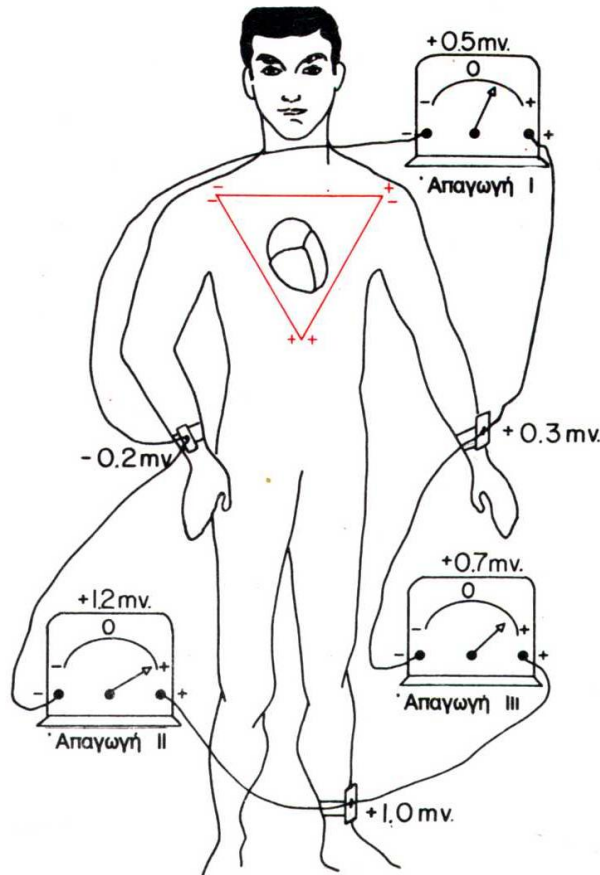
$$V_I + V_{III} = V_{LA} - V_{RA} + V_{LL} - V_{LA} = V_{LL} - V_{RA}$$

➤ $V_I + V_{III} = V_{LL} - V_{RA}$

➤ $V_I + V_{III} = V_{II}$



Παράδειγμα



$$V_{RA} = -0,2\text{mV}$$

$$V_{LA} = +0,3\text{mV}$$

$$V_{LL} = +1,0\text{mV}$$

$$\text{Απαγωγή I} = V_{LA} - V_{RA} = 0,3 - (-0,2) = 0,5 \text{ mV}$$

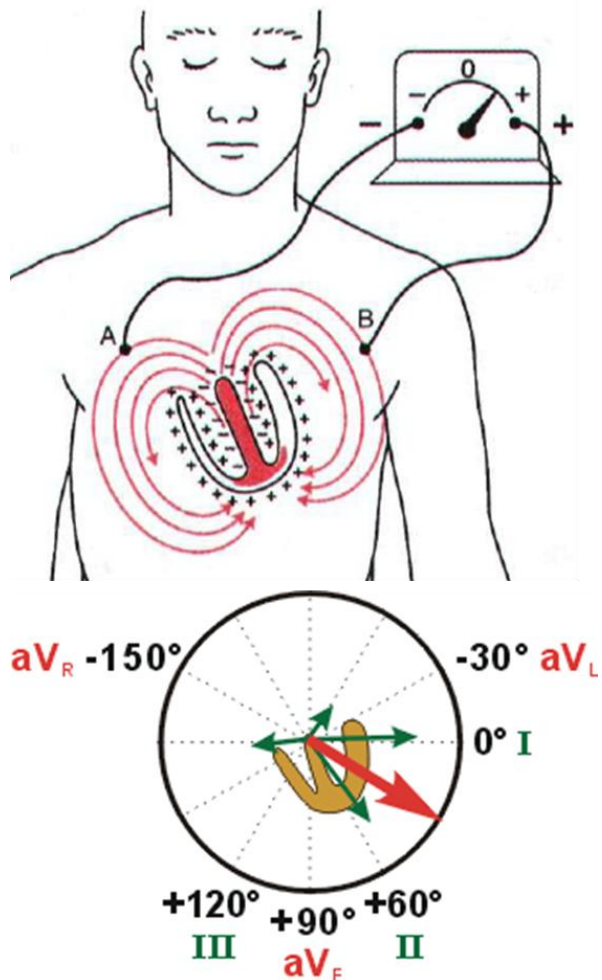
$$\text{Απαγωγή III} = V_{LL} - V_{LA} = 1,0 - (0,3) = 0,7 \text{ mV}$$

$$\underline{\text{Απαγωγή I} + \text{Απαγωγή III} = \text{Απαγωγή II}}$$

$$\text{Απαγωγή II} = 0,7 + 0,5 = 1,2 \text{ mV}$$

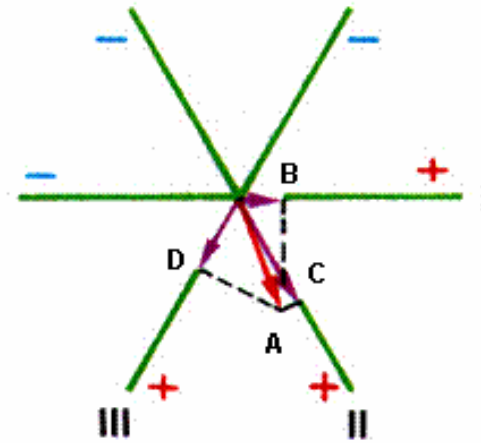
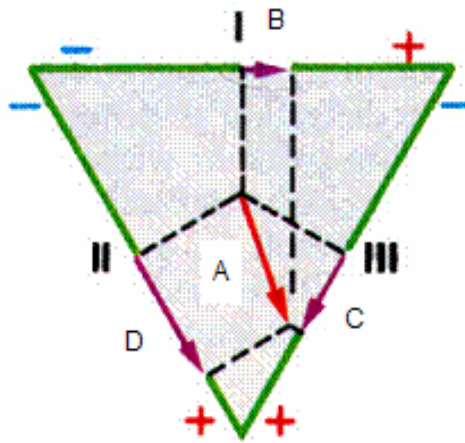
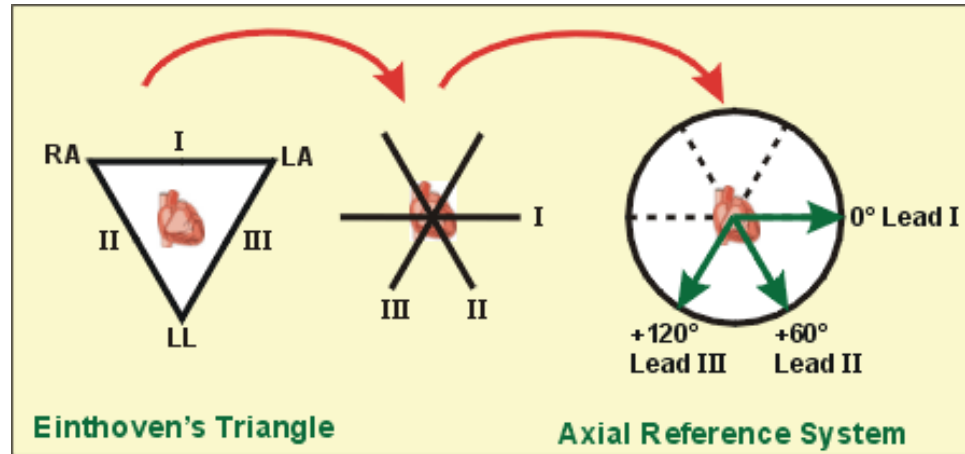


Οι αρχές της ανυσματικής ανάλυσης του ΗΚΓ (1/3)

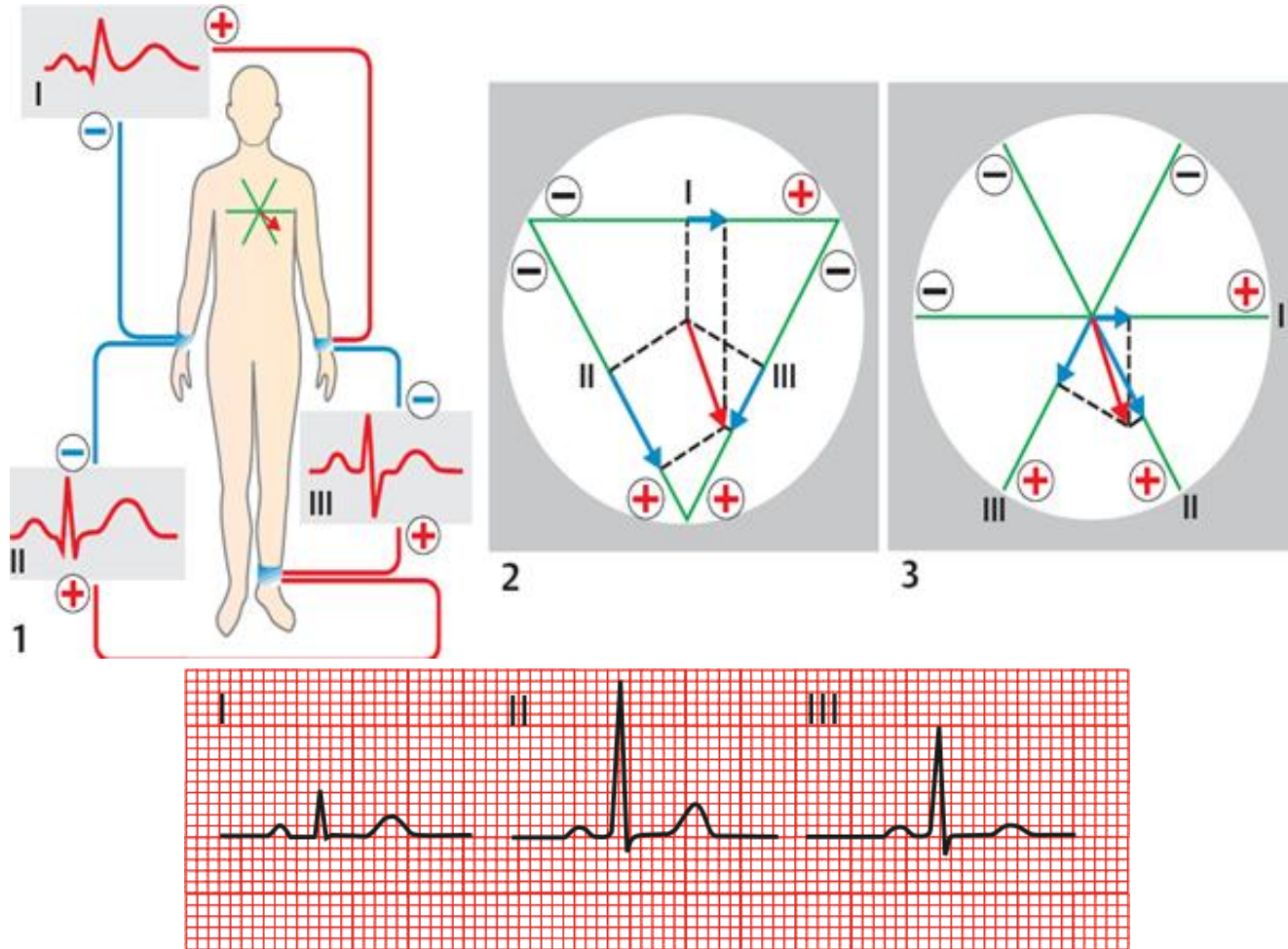


- Τα ηλεκτρικά ρεύματα από την καρδιά ρέουν προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση σε κάθε δεδομένη στιγμή του καρδιακού παλμού.
- Το άνυσμα έχει κατεύθυνση προς τη φορά του ρεύματος, με την αιχμή του προς τη θετική κατεύθυνση.
- Η μέση κατεύθυνση του ανύσματος της καρδιάς κατά την επέκταση του κύματος της εκπόλωσης στις κοιλίες είναι περίπου **59 μοίρες** (μέσο άνυσμα QRS).
- Κατά το μεγαλύτερο μέρος του κύματος εκπόλωσης :
 - Η κορυφή της καρδιάς παραμένει θετική.
 - Η βάση της καρδιάς παραμένει αρνητική.

Οι αρχές της ανυσματικής ανάλυσης του ΗΚΓ (2/3)

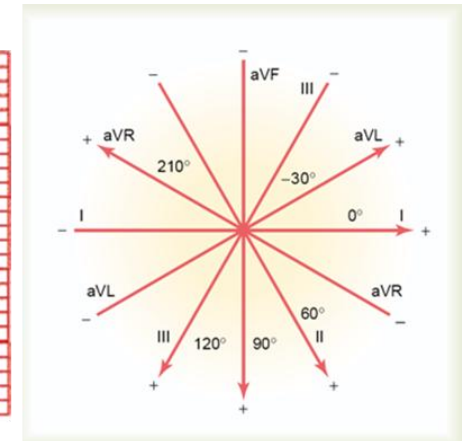


Οι αρχές της ανυσματικής ανάλυσης του ΗΚΓ (3/3)

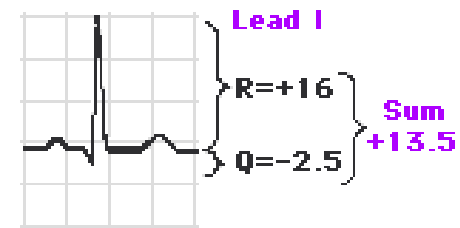
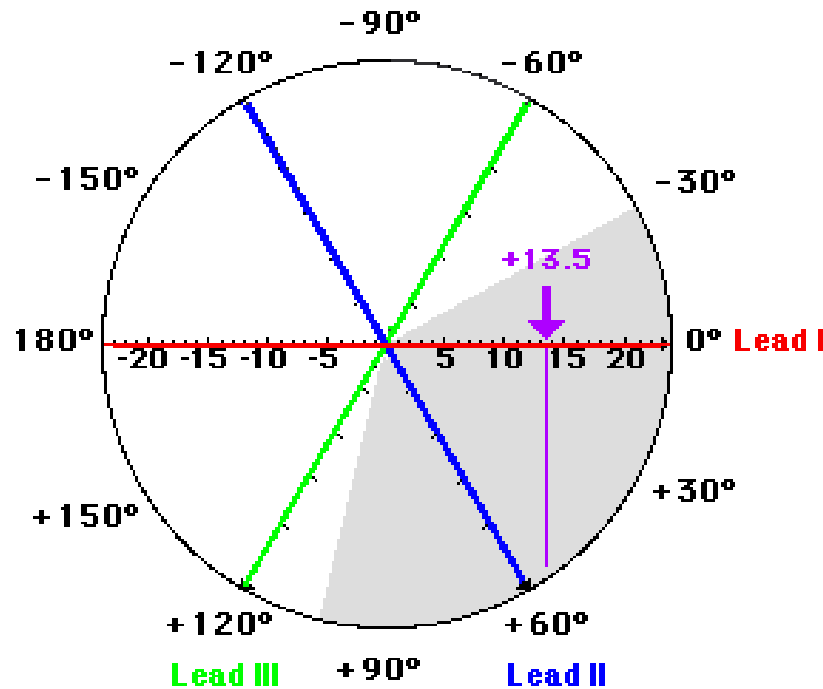


Κλασσικές απαγωγές άκρων: I, II & III

- Τα τρία ΗΚΓ λαμβάνονται **ταυτόχρονα** από τις απαγωγές I, II & III.
- Μοιάζουν μεταξύ τους γιατί και στα τρία τα κύματα **P και T είναι θετικά** και το μεγαλύτερο μέρος του συμπλέγματος **QRS είναι θετικό**.
- Το **άθροισμα των δυναμικών στις απαγωγές I και III είναι ίσο με το δυναμικό στην απαγωγή III**.
- Για τη **διάγνωση αρρυθμιών** δεν έχει σημασία ποια απαγωγή χρησιμοποιείται.
- Για τη **διάγνωση βλάβης στο μυοκάρδιο** (κοιλιών ή κόλπων) είτε στο **σύστημα αγωγής των διεγέρσεων** ενδιαφέρει η απαγωγή που χρησιμοποιείται.



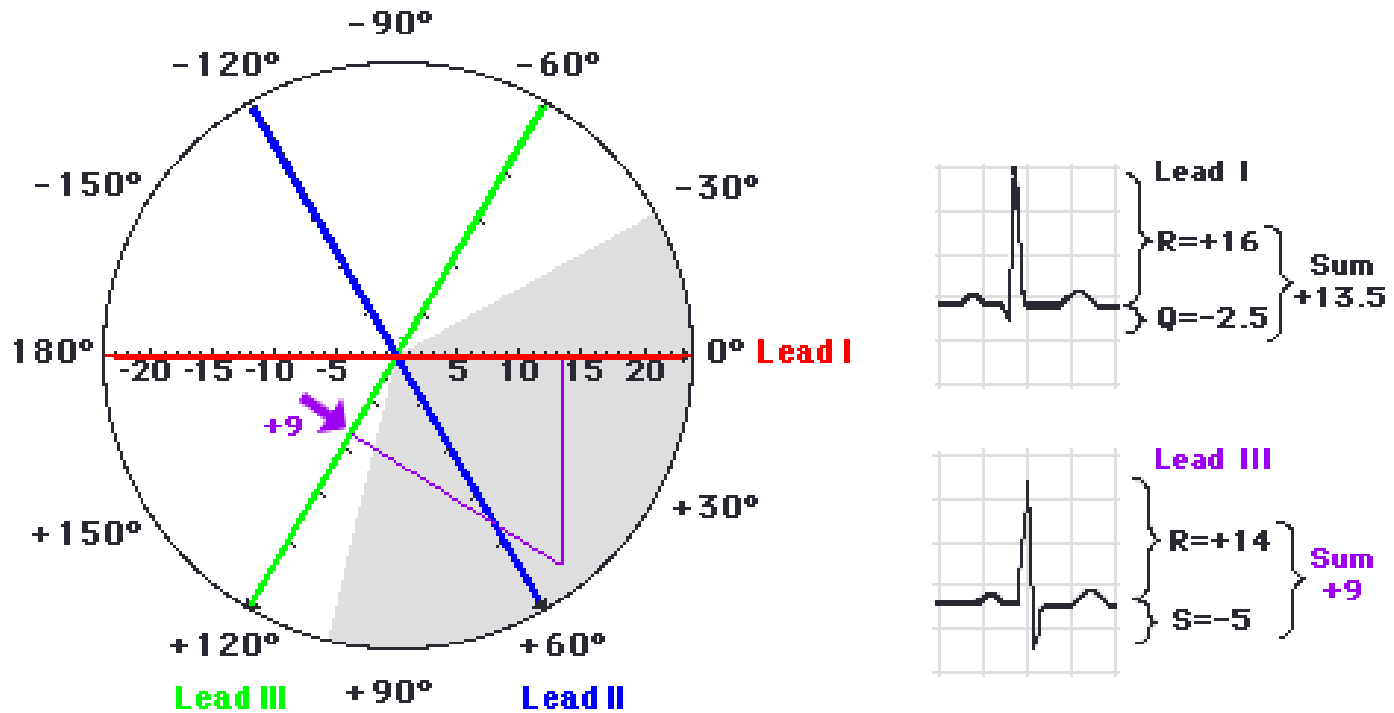
Υπολογισμός μέσου ανύσματος QRS μέσω των απαγωγών I και II



Βήμα 1ο: Απαγωγή I - QRS=13,5 mm



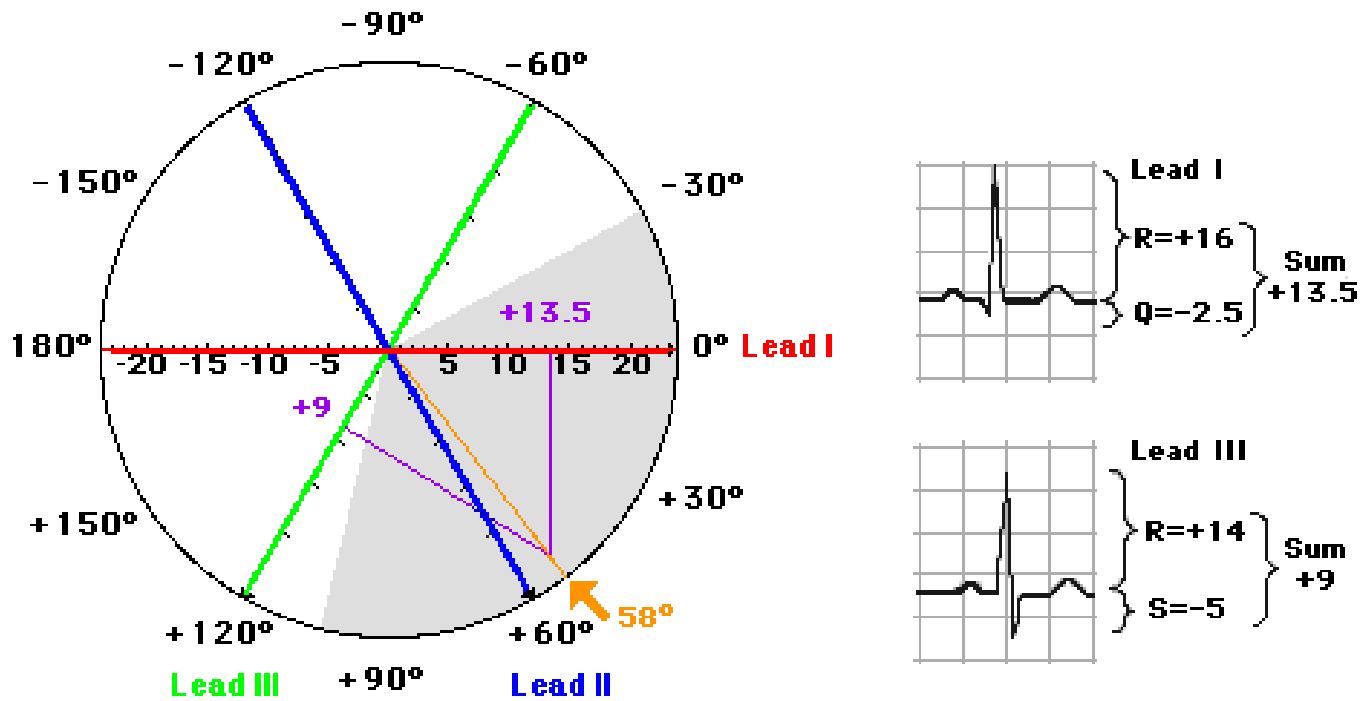
Καθορισμός Μέσων Ανυσμάτων QRS (1/2)



Βήμα 2ο: Απαγωγή III - QRS=9 mm



Καθορισμός Μέσων Ανυσμάτων QRS (2/2)

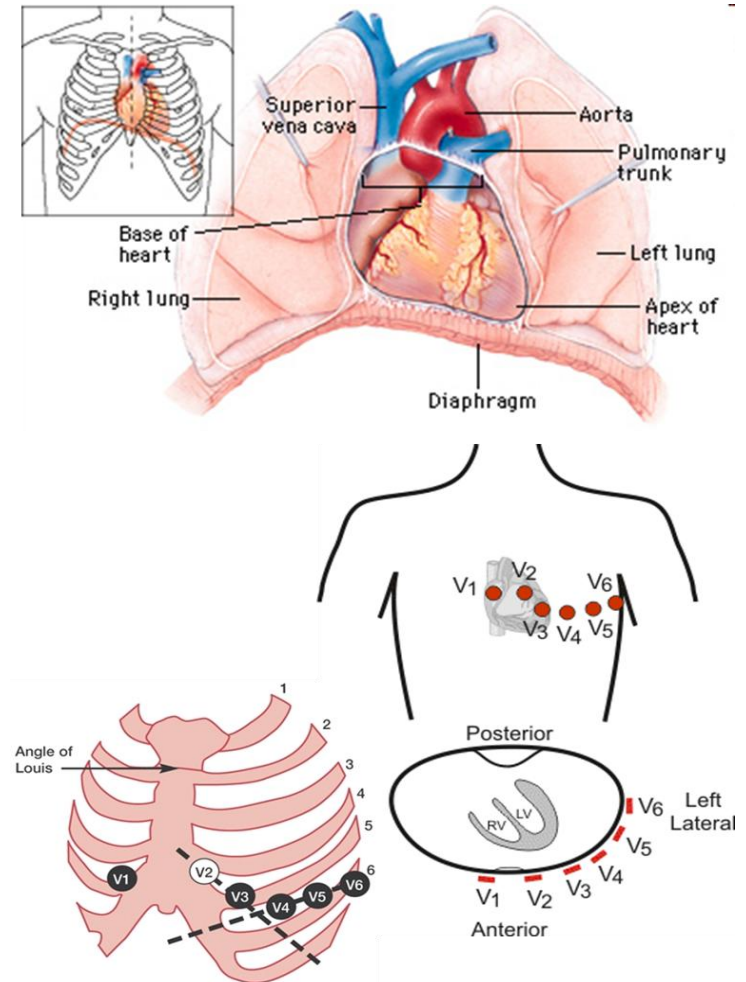


Βήμα 3^ο: Σχεδιασμός γραμμής από το κέντρο προς την τομή των κάθετων γραμμών.

Μέσο άνυσμα QRS = 58 μοίρες - φυσιολογικά όρια

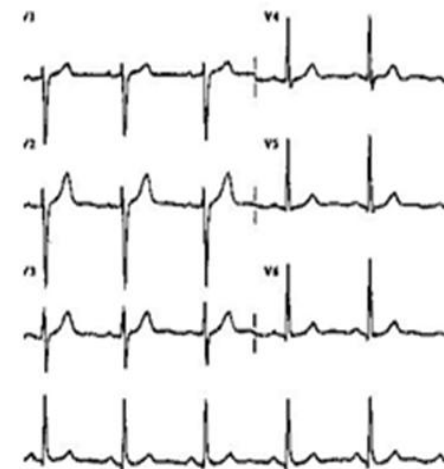
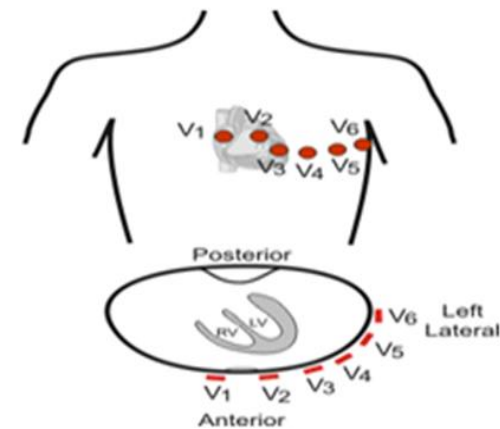
Οι προκάρδιες (θωρακικές) απαγωγές (1/4)

- Το **θετικό ηλεκτρόδιο** του ηλεκτροκαρδιογράφου τοποθετείται στην **πρόσθια επιφάνεια του θώρακα**, πάνω από την καρδιά, σε ένα από τα έξι ξεχωριστά σημεία.
- Το **αρνητικό ηλεκτρόδιο** (αδιάφορο ηλεκτρόδιο) συνδέεται, με την παρεμβολή αντιστάσεων, με το δεξί και αριστερό άνω άκρο και με το αριστερό κάτω άκρο.
- Λαμβάνονται **έξι διαφορετικές πρότυπες απαγωγές** με τη διαδοχική τοποθέτηση του θωρακικού ηλεκτροδίου στα έξι σημεία.
- **Απαγωγές V1, V2, V3, V4, V5 και V6.**



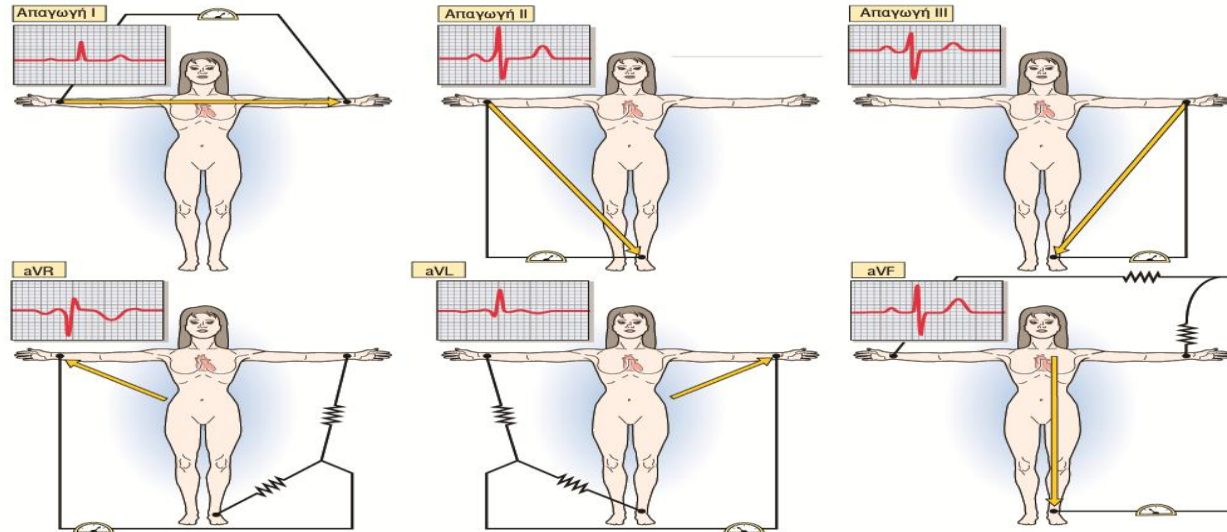
Οι προκάρδιες (θωρακικές) απαγωγές (2/4)

- Κάθε μία θωρακική απαγωγή καταγράφει, κατά κύριο λόγο, το ηλεκτρικό δυναμικό του τμήματος του μυοκαρδίου που βρίσκεται αμέσως κάτω από το ηλεκτρόδιο.
- Τα ηλεκτρόδια V1 & V2 δίνουν αρνητικό QRS γιατί είναι πλησιέστερα στη βάση της καρδιάς παρά στην κορυφή (κατεύθυνση ηλεκτραρνητικότητας κατά την εκπόλωση των κοιλιών).
- Τα ηλεκτρόδια V4, V5 & V6 δίνουν θετικό QRS γιατί είναι πλησιέστερα στην κορυφή της καρδιάς (κατεύθυνση ηλεκτροθετικότητας κατά την εκπόλωση των κοιλιών).

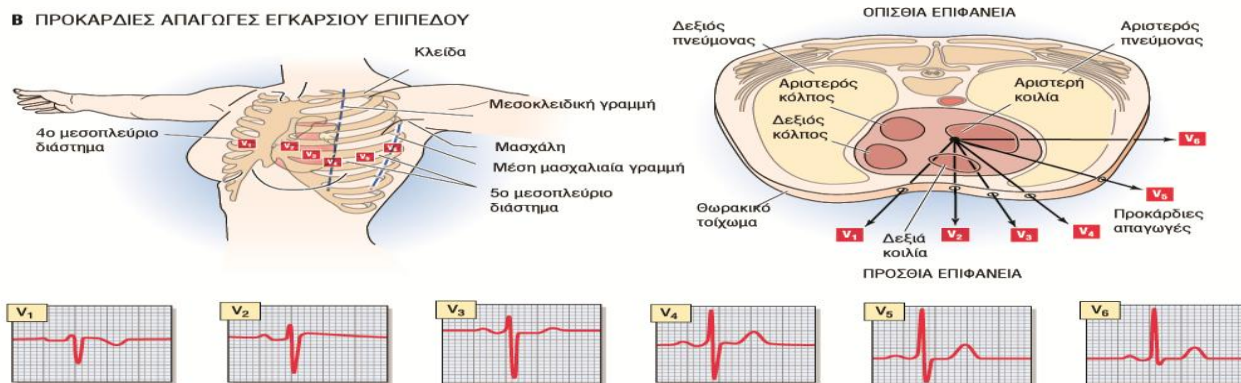


Οι προκάρδιες (θωρακικές) απαγωγές (3/4)

A ΑΠΑΓΩΓΕΣ ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

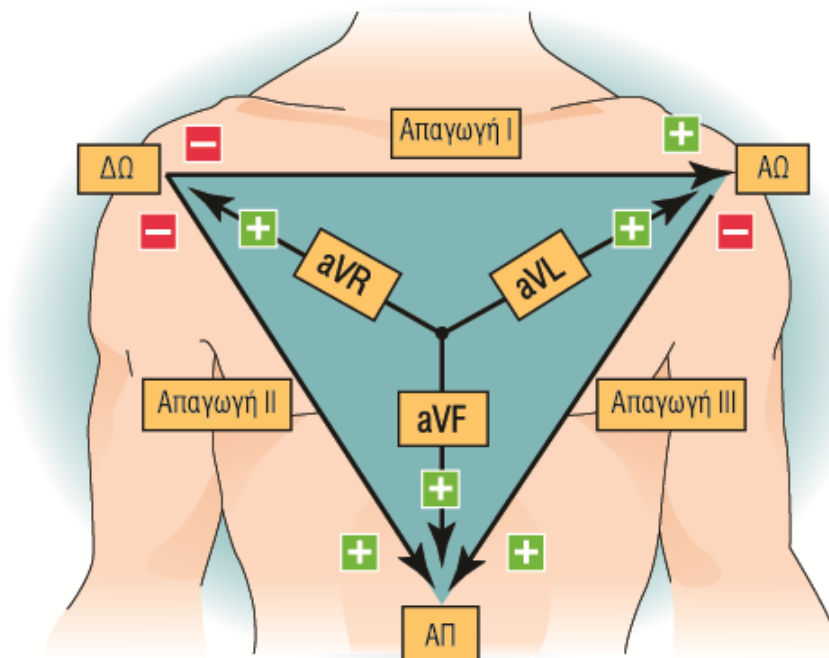


B ΠΡΟΚΑΡΔΙΕΣ ΑΠΑΓΩΓΕΣ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

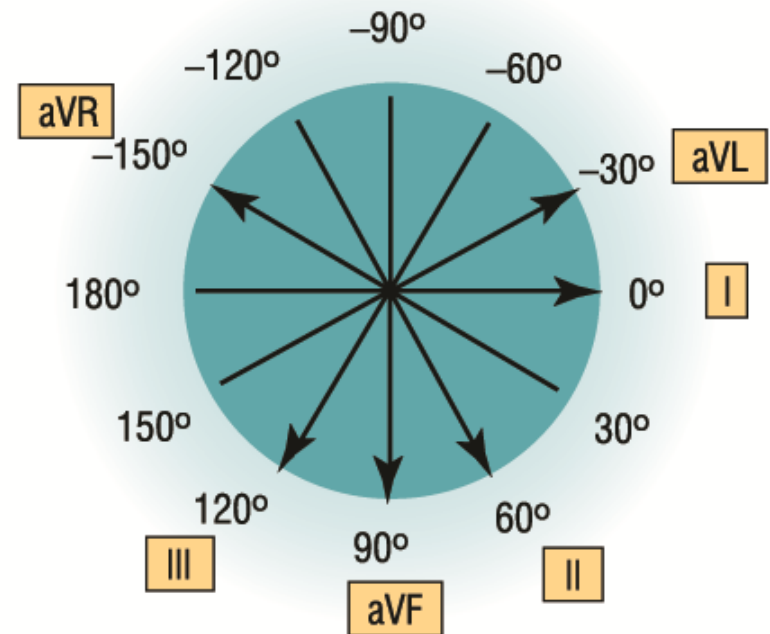


Οι προκάρδιες (θωρακικές) απαγωγές (4/4)

A ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΟΥ ΕΙΝΘΟΒΕΝ



B ΚΥΚΛΟΣ ΤΩΝ ΑΞΟΝΩΝ



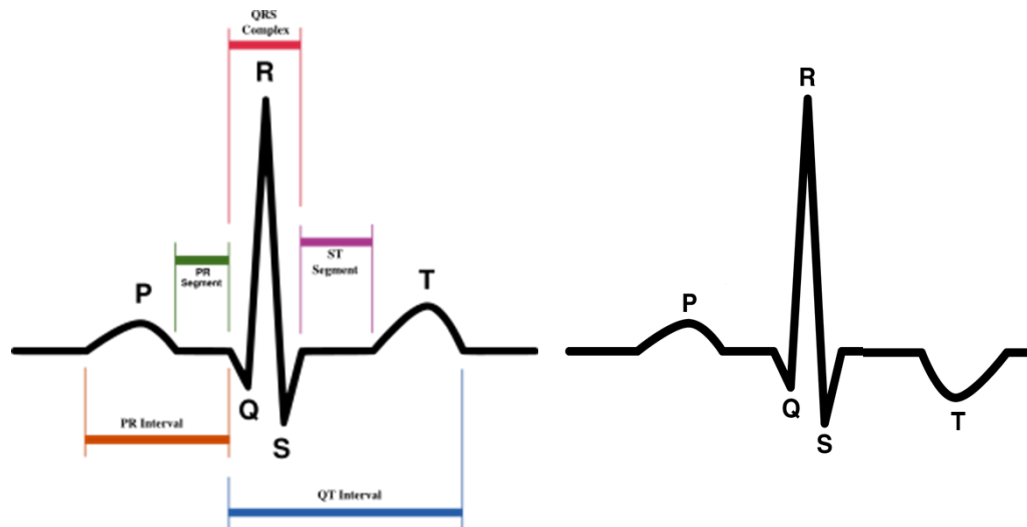
Παθολογικό ΗΚΓ

- **Οι καρδιακές βλάβες:**
 - Η ισχαιμία, το έμφραγμα και η στηθαγχική κρίση.
- **Οι καρδιακές αρρυθμίες:**
 - Η ταχυκαρδία, η βραδυκαρδία, ο κολποκοιλιακός αποκλεισμός, η μαρμαρυγή των κοιλιών, η μαρμαρυγή των κόλπων, ο πτερυγισμός των κόλπων.
- **Η καρδιακή στάση (ανακοπή).**

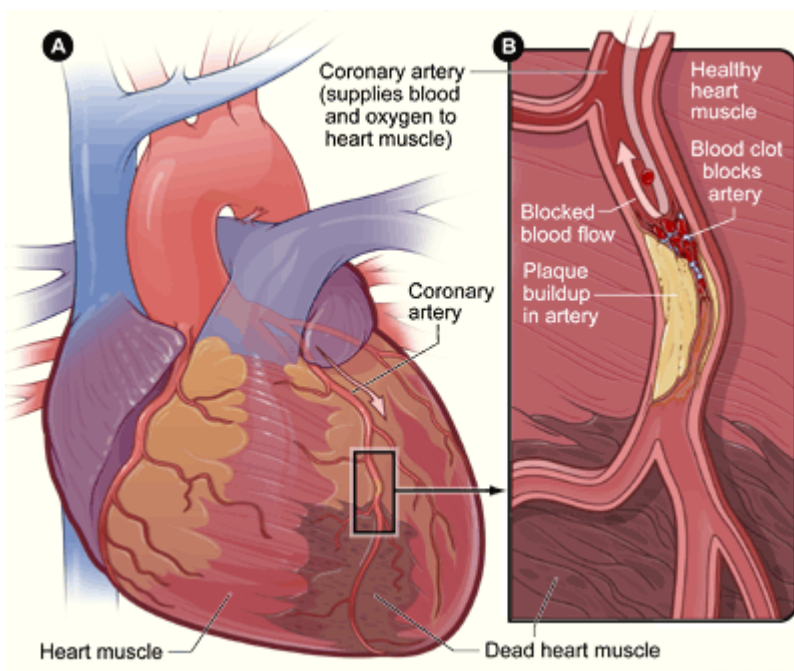


Ισχαιμία του μυοκαρδίου

- Συμβαίνει όταν έχουμε στένωση της μιας μεγάλης στεφανιαίας αρτηρίας. Προκαλεί ελάττωση στη ροή του αίματος.
- Εκδηλώνεται με μεταβολές του ST ή του T. Το **T είναι αρνητικό και συμμετρικό** στις απαγωγές που φυσιολογικά είναι θετικό.

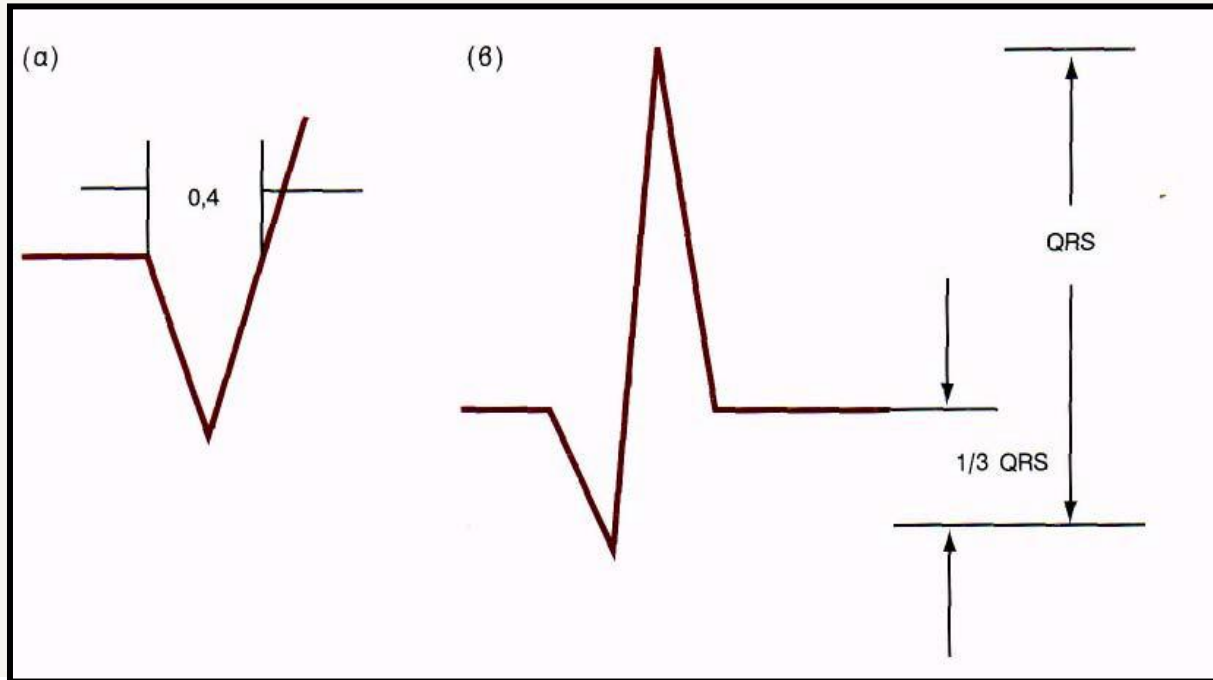


Έμφραγμα του μυοκαρδίου(1/3)



- Παρατηρείται όταν μια στεφανιαία αρτηρία **φράζει πλήρως**. Έχει ως αποτέλεσμα τη **νέκρωση** ενός μέρος του τοιχώματος της καρδιάς.
- Η βλάβη γίνεται κυρίως αντιληπτή σε κατάσταση κόπωσης όπου οι ανάγκες σε αιμάτωση είναι μεγαλύτερες και η αγγείωση δεν επαρκεί.
- Η αποφραγμένη περιοχή, κατά τη λειτουργία της καρδιάς, παρουσιάζει ηλεκτρικό κενό τη στιγμή που η υπόλοιπη καρδιά λειτουργεί κανονικά.
- Στο ΗΚΓ παρουσιάζεται είτε με σημαντικό κύμα Q είτε με ανύψωση του ST.

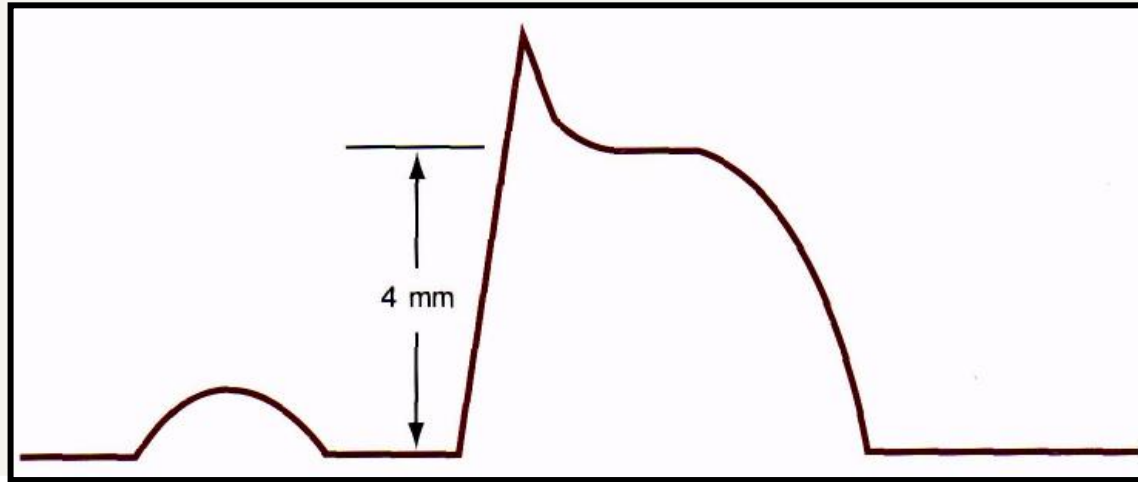
Έμφραγμα του μυοκαρδίου (2/3)



Εμφάνιση εμφράγματος:

- σημαντικό κύμα Q που έχει εύρος 0,04sec.
- σημαντικό κύμα Q με ύψος ίσο με το 1/3 του QRS.

Έμφραγμα του μυοκαρδίου (3/3)



Εμφάνιση εμφράγματος:

- Ανύψωση του ST ως ένδειξη εμφράγματος ~4mm.

Στηθαγχική κρίση

- Οφείλεται στην **παροδική ισχαιμία του μυοκαρδίου** από μία διαταραχή του ισοζυγίου «προσφορά και ζήτηση» του μυοκαρδίου σε οξυγόνο.
- Κυριότερη κλινική εκδήλωση της στεφανιαίας νόσου.
- **Κατά τη διάρκεια ηρεμίας:** Φυσιολογικό ΗΚΓ.
- **Κατά τη διάρκεια στηθαγχικής κρίσης:** Σημαντική κατάπτωση του ST (~3mm) κάτω από την ισοηλεκτρική γραμμή, στις απαγωγές V2-V6.



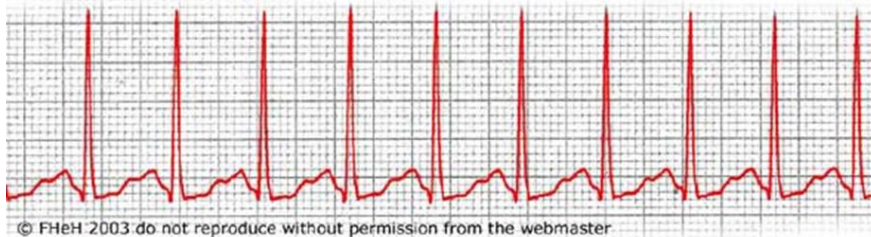
Καρδιακές αρρυθμίες

- Η συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας είναι είτε μεγαλύτερη είτε μικρότερη από όσο απαιτείται για την άντληση του απαιτούμενου ποσού αίματος.
- Αίτια αρρυθμιών:
 - ✓ Παθολογικός ρυθμός του βηματοδότης
 - ✓ Μετατόπιση του βηματοδότη από τον φλεβόκομβο σε άλλα σημεία της καρδιάς.
 - ✓ Αποκλεισμός της μετάδοσης της διέγερσης.
 - ✓ Παθολογικές οδοί της μετάδοσης της διέγερσης μέσα από την καρδιά
 - ✓ Αυτόματη παραγωγή διεγέρσεων, σχεδόν από οποιοδήποτε σημείο της καρδιάς.



Ταχυκαρδία

- Περισσότερες από 100 συστολές ανά λεπτό (φυσιολογικά 60-100 χτύποι/λεπτό).
- Αίτια της ταχυκαρδίας:
 - **Αυξημένη θερμοκρασία του σώματος:** 18 συστολές / λεπτό για κάθε βαθμό Κελσίου.
 - **Διέγερση της καρδιάς,** για παράδειγμα η απλή εξασθένιση του μυοκαρδίου προκαλεί αύξηση της συχνότητας καθώς η εξασθενημένη καρδιά δεν αντλεί επαρκές αίμα προς τις αρτηρίες.
 - **Τοξικές καταστάσεις της καρδιάς.**



Παλμοί / λεπτό:
 $300 / 2,2 \approx 135$ παλμοί/λεπτό

This is an ECG (electrocardiogram) of sinus tachycardia,
the heart rate is 135bpm.

Μαρμαρυγή των κοιλιών - Ventricular fibrillation

- Η βαρύτερη από όλες τις αρρυθμίες
- Οφείλεται σε διεγέρσεις της καρδιάς προς διάφορες κατευθύνσεις
- Πολλά μικρά τμήματα του μυοκαρδίου των κοιλιών συστέλλονται συγχρόνως, ενώ άλλα τμήματα βρίσκονται την ίδια στιγμή σε χάλαση (ηρεμία - διαστολή).

**Δεν υπάρχει συντονισμένη συστολή
ολόκληρου του μυοκαρδίου των κοιλιών.**



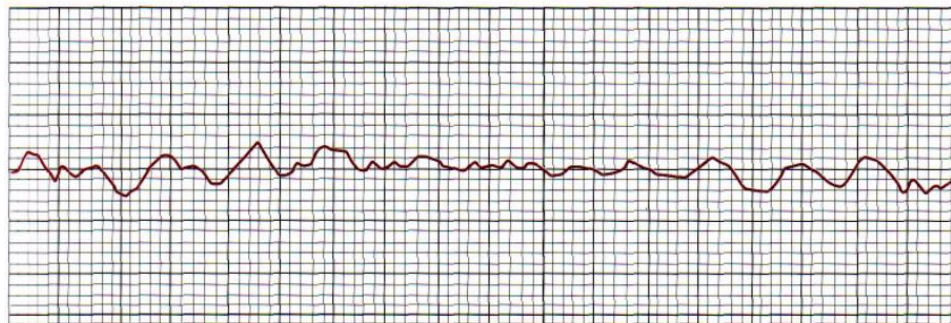
Μαρμαρυγή των κοιλιών

- **Αποτέλεσμα:**
 - Οι κοιλίες ούτε διευρύνονται ούτε και περιορίζεται, αλλά παραμένουν σε μία μέση κατάσταση μερικής συστολής.
 - Οι κοιλίες είτε δεν αντλούν καθόλου αίμα, είτε αντλούν αμελητέα ποσότητα αίματος.
- Μετά την έναρξη της μαρμαρυγής προκαλείται, μέσα σε 4-5sec, απώλεια συνείδησης του ατόμου.
- **Αιτία:**
 - Αιφνίδια επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος στην καρδιά.
 - Ισχαιμία του μυοκαρδίου, του ειδικού συστήματος αγωγής της διέγερσης.



ΗΚΓ & Μαρμαρυγή των κοιλιών

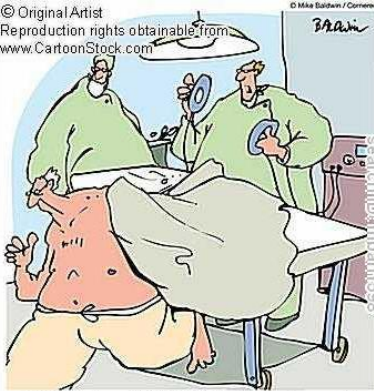
- Πολύ παράδοξο σχήμα.
- Αρχικά, μεγάλες μάζες του μυοκαρδίου συστέλλονται συγχρόνως και αυτό προκαλεί ισχυρά αλλά μη κανονικά κύματα στο ΗΚΓ.
- Σε λίγα μόνο δευτερόλεπτα, οι αδρές συστολές των κοιλιών εξαφανίζονται και εμφανίζονται ακανόνιστα κύματα με χαμηλό δυναμικό.
- **ΚΑΜΙΑ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ.**
- Αρχικά: 0,5mV και στη συνέχεια 0,2-0,3mV.



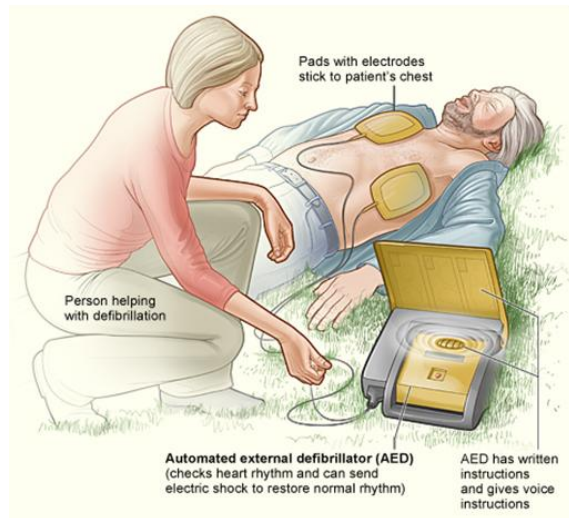
Μαρμαρυγή των κοιλιών – Απαγωγή II

Απινίδωση των κοιλιών με ηλεκτρική εκκένωση

© Original Artist
Reproduction rights obtainable from
www.CartoonStock.com



"When I yell 'CLEAR' that doesn't mean you."

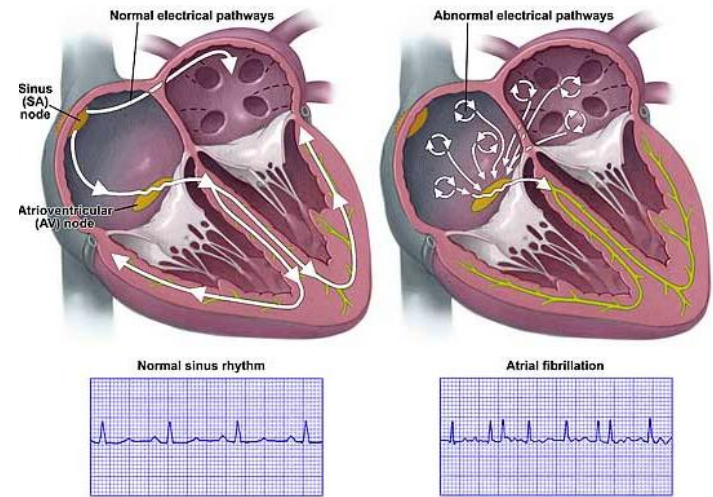


- Εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος στο θώρακα για την ανάταξη μαρμαρυγής των κοιλιών.
- Χιλιάδες Volts για λίγα msec.
- Το ρεύμα διαπερνά τις περισσότερες ίνες των κοιλιών.
- **Αποτέλεσμα:** Σύγχρονη διέγερση του μυοκαρδίου και εγκατάσταση ανερέθιστης περιόδου.
- Όλες οι διεγέρσεις αναστέλλονται, η δε καρδιά παραμένει σε ηρεμία για 3-5sec.
- Μετά η καρδιά αρχίζει να συστέλλεται με βηματοδότη τον φλεβόκομβο ή κάποιο άλλο σημείο της καρδιάς.

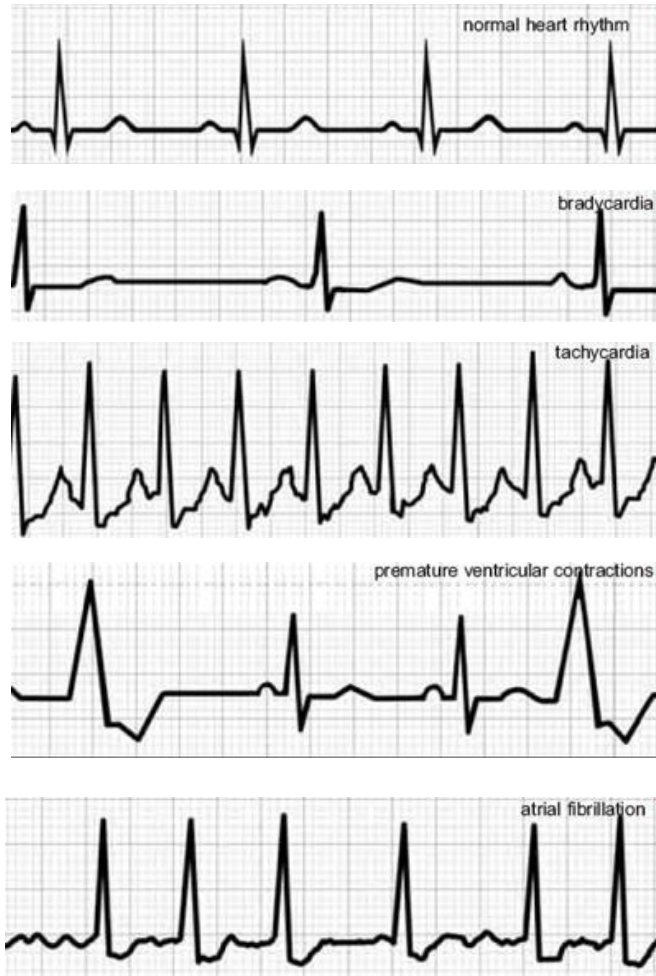


Κολπική μαρμαρυγή - Atrial fibrillation (1/3)

- Παρόμοιος μηχανισμός με κοιλιακή μαρμαρυγή.
- Συχνά παρατηρείται ανεξάρτητα από την μαρμαρυγή των κοιλιών.
- Οι κόλποι δεν αντλούν αίμα.
- **Αποτέλεσμα:**
 - Οι κόλποι δεν αντλούν αίμα.
 - Το αίμα ρέει παθητικά από τους κόλπους στις κοιλίες.
 - Η αντλητική απόδοση των κόλπων μειώνεται κατά 20-30%.
- Το άτομο μπορεί να επιβιώνει για χρόνια, με μειωμένη όμως αντλητική απόδοση της καρδιάς.



Κολπική μαρμαρυγή - Atrial fibrillation (2/3)



Κολπική μαρμαρυγή - Atrial fibrillation (3/3)

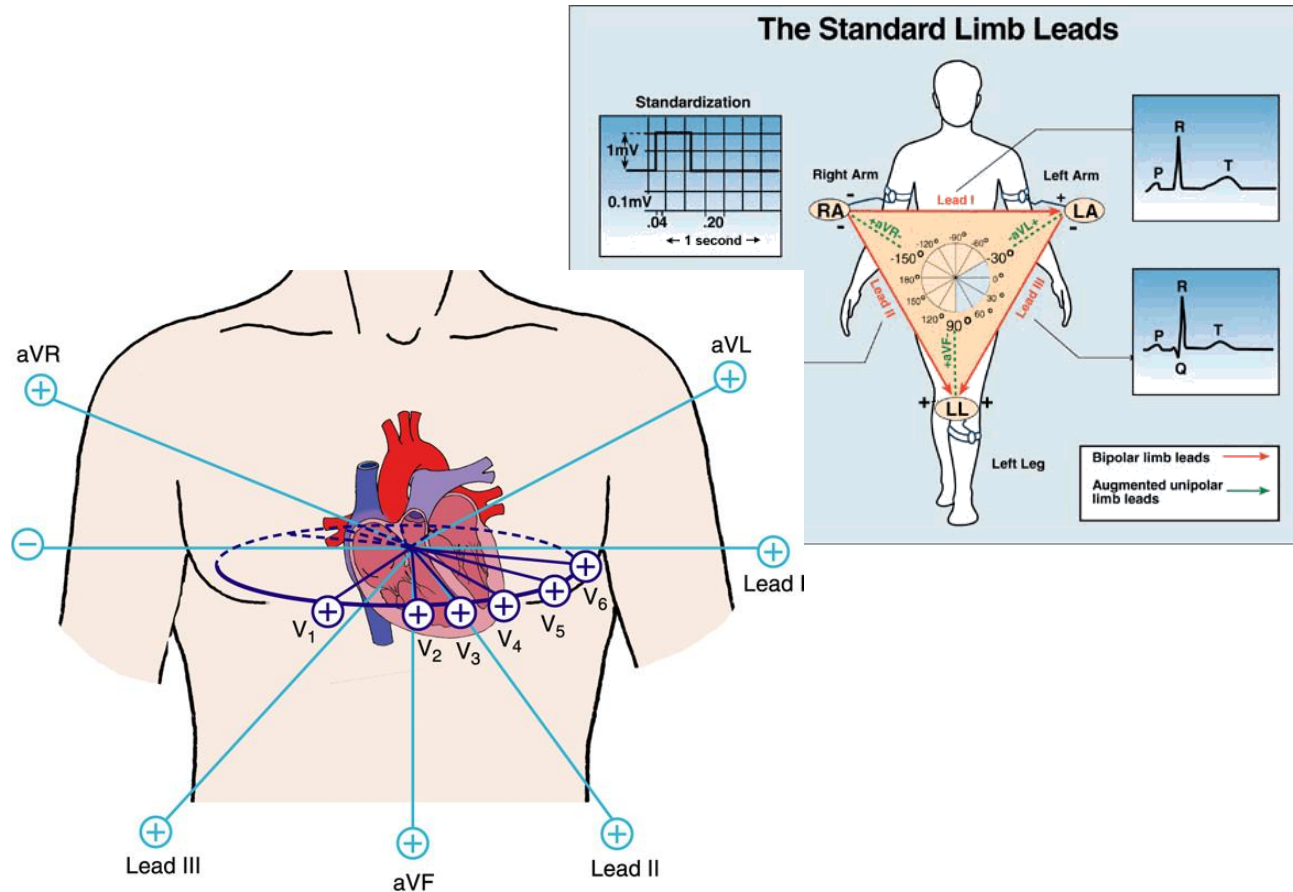


Figure 17-42 Electrocardiographic views of the heart.

Copyright © 2005 Lippincott Williams & Wilkins. Instructor's Resource CD-ROM to Accompany Critical Care Nursing: A Holistic Approach, eighth edition.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

