



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΩΜΑ (II)

Γιάννης Τσούγκος

Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Εγκεφαλική Λειτουργία:

Το σύνολο των ηλεκτροχημικών επιδράσεων από νευρώνα σε νευρώνα, αθροιζόμενο για όλες τις περιοχές του εγκεφάλου (μέσα από ένα δίκτυο ανεξερεύνητης ακόμη πολυπλοκότητας).

Ηλεκτροεγκεφαλογραφία:

Το εργαλείο για τη μελέτη των διαφόρων διαδικασιών

Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα:

Διάγραμμα μεταβολής της ηλεκτρικής δραστηριότητας (τάσης) του εγκεφάλου με το χρόνο



Λειτουργία

Ηλεκτροεγκεφαλογράφου

Καταγραφή διαφορών δυναμικού πάνω στην εξωτερική δερματική επιφάνεια του ανθρώπινου κρανίου

Τα δυναμικά οφείλονται σε *ρεύματα ιόντων* διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης των νευρώνων που συμμετέχουν στην εκάστοτε εγκεφαλική λειτουργία.

Ασθενή ηλεκτρικά σήματα $\sim 1\mu\text{V}$ ως $100\mu\text{V}$.



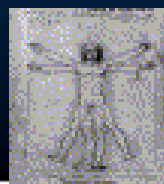
- Μεγάλη ενίσχυση των υπό εξέταση σημάτων
- Πυκνότερη κάλυψη κεφαλιού με απαγωγά ηλεκτρόδια



Λειτουργία Ηλεκτροεγκεφαλογράφου

Τα κύματα του ΗΕΓ χαρακτηρίζονται από:

- τη συχνότητά τους
- το δυναμικό ή πλάτος
- τη μορφή τους
- την περιοχή επιφάνειας του κρανίου από όπου συλλέγονται
- τις φυσιολογικές ή παθολογικές συνθήκες που τα συνοδεύουν



Ηλεκτρόδια

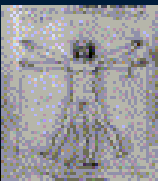
Αισθητήρες συστήματος, που μετατρέπουν το *ρεύμα ιόντων* μέσα στο ανθρώπινο σώμα σε *ρεύμα ηλεκτρονίων* μέσα στα καλώδια τα οποία οδηγούν το ρεύμα σε επόμενη επεξεργασία.

Επαφή με το δέρμα μέσω κολλώδους ουσίας ή μέσω μικρού δαχτυλιδιού

Καλός καθαρισμός δέρματος με οινόπνευμα για χαμηλή αντίσταση επαφής ($< 5 \text{ k}\Omega$).

Κίνηση ιόντων μέσω του «συνόρου» ηλεκτροδίου - ηλεκτρολύτη.

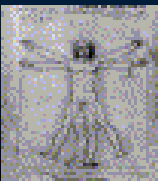
Όταν μέσα στον εγκέφαλο υπάρξει σήμα, δηλ. ροή ιόντων, προκαλεί μεταβολή της ιοντικής συγκέντρωσης και ροή ηλεκτρονίων.

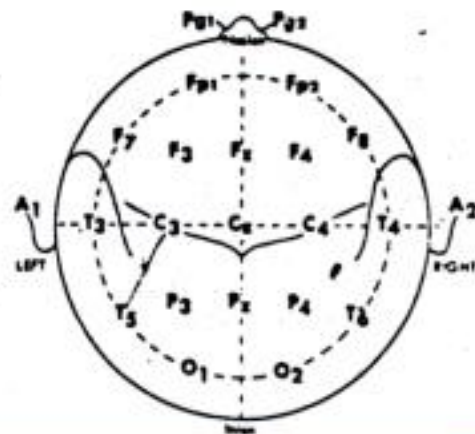
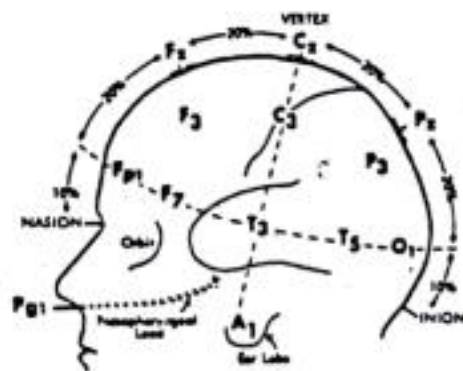
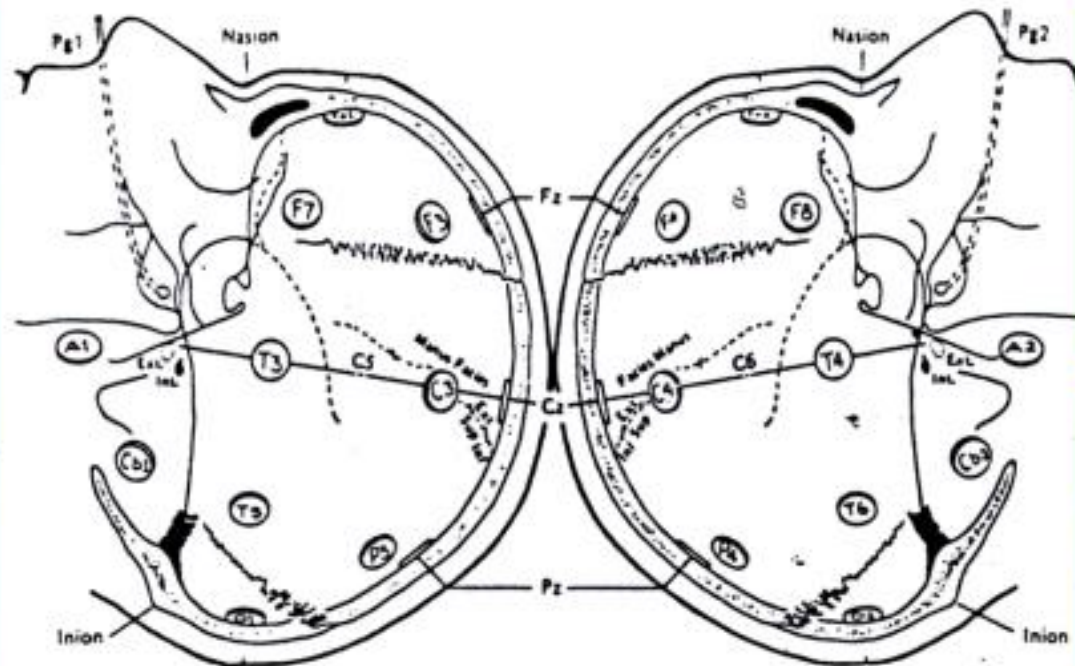


Ηλεκτρόδια

Η τάση στο «σύνορο» μεταξύ ηλεκτροδίου-ηλεκτρολύτη πρέπει να επηρεάζεται μόνο από ιοντικά ρεύματα του ανθρώπινου κεφαλιού και όχι από θερμοκρασιακές μεταβολές ή μηχανικές μετακινήσεις των ηλεκτροδίων.

Σύνηθες ηλεκτρόδιο: κατασκευάζεται από Ag και AgCl και χρησιμοποιείται με ηλεκτρολύτη που περιέχει κυρίως Cl⁻





Τυποποιημένες απαγωγές

με το σύστημα 10-20

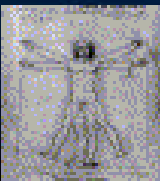
Σύστημα 10-20: Διεθνές πρότυπο
επιλογής θέσεων ηλεκτροδίου

Απόσταση μεταξύ δύο
οποιαδήποτε ηλεκτροδίων:
20% απόστασης μεταξύ των
δύο αυτιών

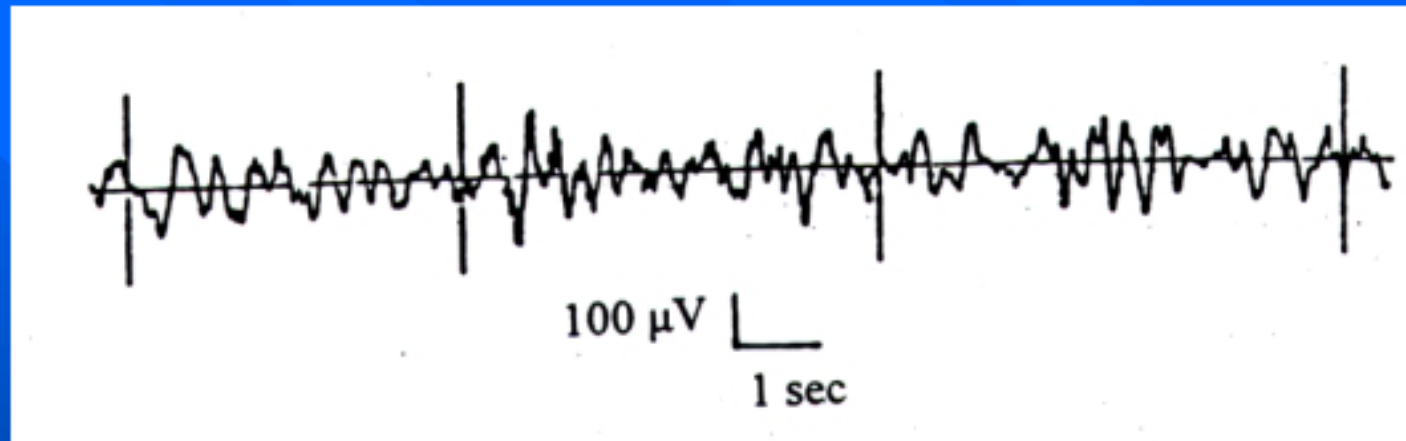
Απόσταση από το αυτί στο
κοντινότερο προς αυτό
ηλεκτρόδιο:

10% απόστασης μεταξύ των
δύο αυτιών

⇒ Προσαρμογή θέσεων
ηλεκτροδίων ανάλογα με τις
διαστάσεις του εξεταζόμενου.



Καταγραφή ΗΕΓ



Διαφορά μεταξύ δυναμικών που παρουσιάζεται ανά πάσα στιγμή μεταξύ δύο ηλεκτροδίων

Ενεργά σημεία: ηλεκτρόδια που βρίσκονται «πάνω» από εγκεφαλικές περιοχές που ενδεχομένως θα παρουσιάσουν δραστηριότητα

Ανενεργά σημεία: ηλεκτρόδια τοποθετημένα «πάνω» από περιοχές που θεωρείται ότι δεν έχουν σχέση με εγκεφαλική λειτουργία (π.χ. αυτί)



Διπολική Μέτρηση ΗΕΓ

«**Διπολική**» Μέτρηση: όταν το μετρούμενο σήμα προκύπτει ως διαφορά δυναμικού δύο ηλεκτροδίων ενεργών περιοχών.

Πλεονέκτημα: Απόρριψη κοινού θορύβου

Απορρίπτει τυχόν παράσιτα τα οποία είναι κοινά στα δύο ηλεκτρόδια.

Κοινή μεθοδολογία σε κλινικές νευρολογικές εξετάσεις ΗΕΓ: διπολικές μετρήσεις για 15 ως 30 ηλεκτρόδια.



Μονοπολική Μέτρηση ΗΕΓ

«Μονοπολική» Μέτρηση: όταν το μετρούμενο σήμα προκύπτει ως διαφορά δυναμικού ενός ηλεκτροδίου ενεργής περιοχής και ενός ηλεκτροδίου ανενεργής περιοχής.

Ηλεκτρόδιο ανενεργής περιοχής: κοινό για όλες τις μετρήσεις, σημείο αναφοράς που δεν επηρεάζεται (κανονικά) από εγκεφαλικά ρεύματα).

Χρησιμοποιείται στην περίπτωση της ψυχοφυσιολογικής έρευνας.

Ολοκληρωμένη και ταυτόχρονη, από όλα τα ηλεκτρόδια ενεργών περιοχών, πληροφόρηση σχετικά με κάθε εγκεφαλικό ρεύμα ιόντων το οποίο φτάνει στην εξωτερική δερματική επιφάνεια του κεφαλιού.



Ενίσχυση και Καταγραφή ΗΕΓ

Συντελεστές ενίσχυσης της τάξης του 10^5

Πρώτη βαθμίδα ενίσχυσης: προενισχυτές - ενισχυτές χαμηλού θορύβου (για σήμα $1\mu\text{V}$, επίπεδο εσωτερικού θορύβου της τάξης εκατοντάδων nV).

Διαφορικοί ενισχυτές με λόγο απόρριψης κοινού σήματος (CMRR) ~ 120 db

Σε συμβατικά συστήματα : καταγραφική συσκευή και αποτύπωση σε χαρτί.

Στα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα : δυνατότητα για ψηφιακή επεξεργασία και απεικόνιση σήματος on-line ή off-line (Προηγείται A/D μετατροπή).



Χαρακτηριστικά ΗΕΓ

Η μελέτη του ΗΕΓ βασίζεται:

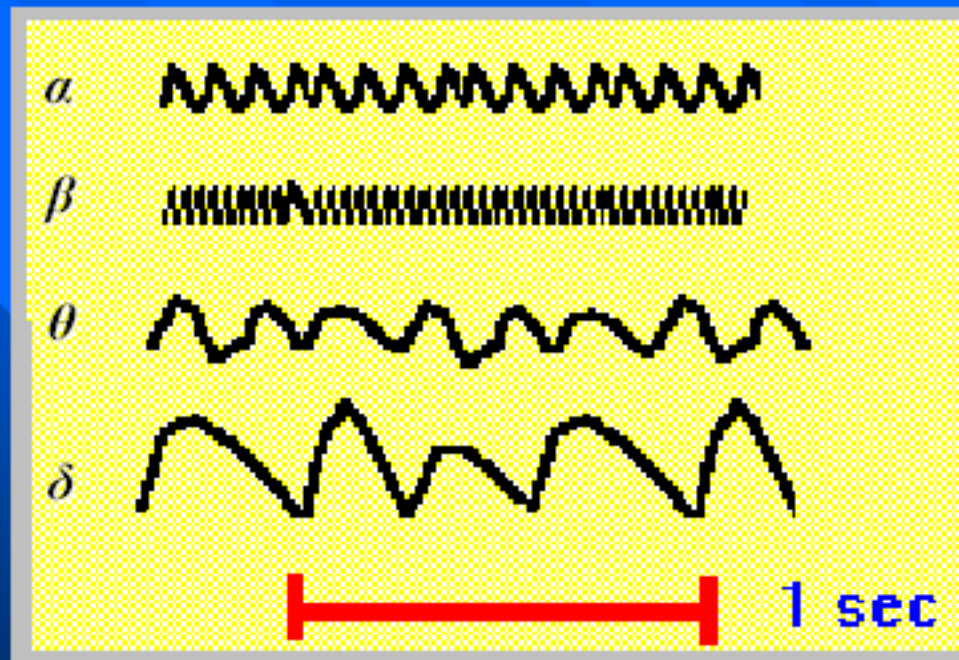
- διάκριση
- καταγραφές δυναμικού ως συνάρτηση χρόνου
- ύπαρξη ή μη συγκεκριμένων κυματομορφών - ρυθμών, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι οι συχνότητες των αρμονικών από τις οποίες αποτελούνται (φασματικό περιεχόμενο)

Κυριότεροι ρυθμοί, συχνότητες και συνήθη πλάτη

Ρυθμός	Περιοχή Συχνοτήτων	Πλάτος (σε μV)
Δέλτα	0,5-3,5	έως 200
Θήτα	4-7,5	< 30
Άλφα	8-12	30-50
Αργός Βήτα	13-19	< 20
Ταχύς Βήτα	20-30	< 20



Ρυθμοί ΗΕΓ



8-12 Hz

13-30 Hz

4-7,5 Hz

0,5-3,5 Hz



Ρυθμοί ΗΕΓ

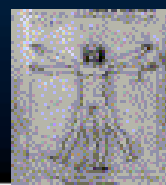
- Ρυθμός α:** - εμφανίζεται σε ~ 75% ενηλίκων
- είναι ο πρώτος ρυθμός που μελετήθηκε
 - κλείσιμο (άνοιγμα) ματιών προκαλεί αύξηση (μείωση) ρυθμού α
 - αισθητηριακός ερεθισμός ή πνευματική δραστηριότητα προκαλούν μείωση ρυθμού α
- Ρυθμός β:** - ο κυρίαρχος ρυθμός κατά τη φάση πλήρους εγρήγορσης φυσιολογικού ατόμου
- είναι ο δεύτερος ρυθμός που μελετήθηκε



Ρυθμοί ΗΕΓ

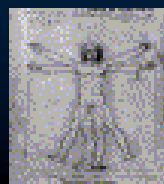
Ρυθμός δ: - συσχετίζεται με τον ύπνο στον φυσιολογικό άνθρωπο
- κύριος ρυθμός στα νεογέννητα ως το δεύτερο έτος ηλικίας

Ρυθμός θ: - συνδέεται με μηχανισμούς καταστολής,
είτε στην είσοδο σε φάση χαλάρωσης
είτε σε συνδυασμό με το β ρυθμό σε φάσεις αυξημένης
προσοχής
- εμφανίζεται και σε περιπτώσεις άγχους και ψυχικών
διαταραχών



Παράσιτα στη μέτρηση ΗΕΓ

- Μη φυσιολογικής προέλευσης
 - Ηλεκτρόδια (π.χ. μετακίνηση)
 - Παρεμβολές από το δίκτυο
- Φυσιολογικής προέλευσης
 - Ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα (π.χ. συστολή μυών του λαιμού)
 - Κίνηση ματιών
 - Ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς
 - Επίδραση αναπνοής
 - Ιδρώτας

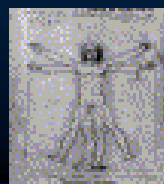


ΗΕΓ Δραστηριότητες κατά τη διάρκεια του ύπνου

Ριζική μεταβολή των ηλεκτρικών δραστηριοτήτων του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια του ύπνου

Στάδια ύπνου:

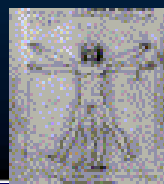
- 1ο στάδιο [Υπνηλία] :
 - Καταλαμβάνει το 5% του συνολικού χρόνου.
 - Δραστηριότητα 2-7 Hz χαμηλού δυναμικού
 - Αργή κίνηση οφθαλμών (Slow Eye Movement)
- 2ο στάδιο [Ελαφρύς Ύπνος] :
 - Καταλαμβάνει το 50% του συνολικού χρόνου.
 - Κύματα θήτα διάρκειας μεγαλύτερης από 0.5sec
 - Δεν παρατηρείται κίνηση οφθαλμών



ΗΕΓ Δραστηριότητες κατά τη διάρκεια του ύπνου

Στάδια ύπνου:

- 3ο στάδιο [Βαρύς Ύπνος] :
 - Κύματα δέλτα συχνότητας μικρότερης ή ίσης 2Hz.
- 4ο στάδιο [Πολύ Βαρύς Ύπνος] :
 - Μαζί με το προηγούμενο στάδιο καταλαμβάνουν το 20% του συνολικού χρόνου
 - Όμοια δραστηριότητα με το 3ο στάδιο



ΗΕΓ Δραστηριότητες κατά τη διάρκεια του ύπνου

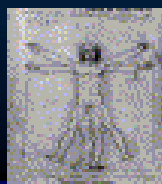
Στάδια ύπνου:

- 5ο στάδιο [REM - Rapid Eye Movement] :
 - Ονειρική φάση ή φάση του παράδοξου ύπνου
 - Σειρά αντιφατικών φαινομένων
 - Μέγιστη σωματική χαλάρωση
 - Αύξηση της αρτηριακής πίεσης, Σφίξιμο δοντιών
 - Γρήγορη κίνηση βολβών οφθαλμών
 - Διανοητική δραστηριότητα εντονότερη ακόμη και από ξύπνια άτομα που εκτελούν μαθηματικούς υπολογισμούς
 - Καταλαμβάνει το 25% του συνολικού χρόνου
 - Συνδέεται άμεσα με τα όνειρα



ΗΕΓ Δραστηριότητες κατά τη διάρκεια του ύπνου

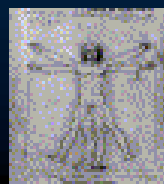
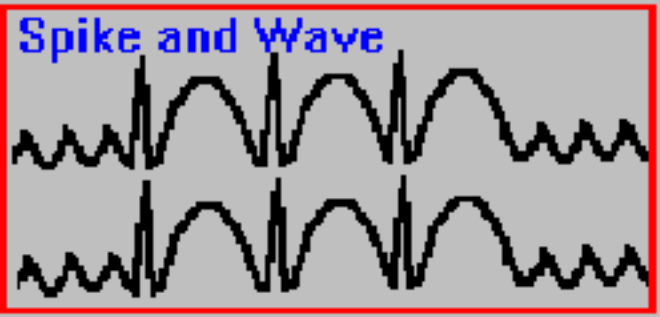
- Τα 5 στάδια του ύπνου αποτελούν ένα πλήρη κύκλο ύπνου.
- Ένας συνηθισμένος οκτάωρος ύπνος φυσιολογικού ατόμου μπορεί να περιλάβει 4 με 6 τέτοιους κύκλους.
- Όσο ο ύπνος προχωρεί τόσο συμπυκνώνονται χρονικά τα πρώτα στάδια και επιμηκύνεται το REM.



Χρήση ΗΕΓ στη Νευρολογία

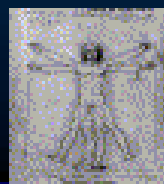
Εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για:

- σωστή εξέλιξη Κεντρικού Νευρικού Συστήματος από γέννηση ως ενηλικίωση
- βαρύτητα νόσου εγκεφαλοπαθειών (π.χ Alzheimer) και υποβοήθηση διάγνωσης και πρόβλεψης
- μελέτη επιληψίας
 - εμφάνιση «αιχμών» και «βραχέων κυμάτων» (spikes and short waves - SSW) υψηλής συχνότητας, με διάρκεια από 20-70msec και 70-200msec αντιστοίχως.
- Περιπτώσεις κρανιοεγκεφαλικών κακώσεων, κώματος
- Κύριο μέσο στη μελέτη του ύπνου



Προκλητά Δυναμικά (ΠΔ) Εγκεφάλου

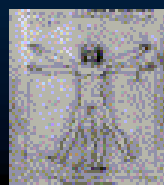
Ορισμός: Διαφορές δυναμικού που μετράμε, συνήθως στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού, οι οποίες προκαλούνται ως προετοιμασία ή ως απόκριση σε συγκεκριμένο γεγονός, το οποίο συμβαίνει στον εξωτερικό φυσικό κόσμο και αποτελεί το εκλυτικό γεγονός ή ερέθισμα.



Προκλητά Δυναμικά (ΠΔ) Εγκεφάλου

Κατηγορίες ΠΔ ανάλογα με το είδος εξωτερικού ερεθίσματος που τα προκαλεί:

- 1) Οπτικά προκλητά δυναμικά (Visual Evoked Potentials - VEP)
οπτικός ερεθισμός, π.χ. εμφάνιση συγκεκριμένης εικόνας, λάμπσεις
- 2) Ακουστικά προκλητά δυναμικά (Auditory Evoked Potentials - AEP)
ακουστικός ερεθισμός, π.χ. ήχοι, λέξεις, τόνοι διάφορων συχνοτήτων
- 3) Σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά (Somatosensory Evoked Potentials - SEP)
ερεθισμός κάποιου νεύρου μέσω μικρής διάρκειας και έντασης ηλεκτρικό ρεύμα



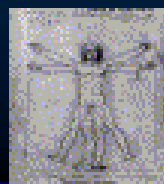
Εφαρμογές Προκλητών Δυναμικών

- **Συστατικά πριν από τα 100msec** ανήκουν στα εξωγενή δυναμικά
 - Σχετίζονται με ακεραιότητα αισθητικών οδών
 - ⇒ κλινικές εφαρμογές στη Νευρολογία
 - διάγνωση νευρολογικών νόσων (απομυελινικές ασθένειες, εγκεφαλικοί όγκοι)
 - διάγνωση ασθενειών που σχετίζονται με τον οπίσθιο κρανιακό βόθρο (AEP)
 - διάγνωση σκλήρυνσης κατά πλάκας (VEP)
 - μη επεμβατική διάγνωση ελαττωμάτων ακοής από μη συνεργάσιμα άτομα (AEP)
 - έλεγχος αισθητικών οδών και εγκεφαλικές απολήξεις τους σε νευρολογικές επεμβάσεις (SEP)



Εφαρμογές Προκλήτων Δυναμικών

- **Συστατικά πέραν των 70msec** ανήκουν στα ενδογενή δυναμικά
 - Σχετίζονται με διάφορα στάδια νοητικής επεξεργασίας των εξωτερικών ερεθισμάτων στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ).
 - ⇒ κλινικές εφαρμογές στην Ψυχιατρική
 - ⇒ γνώση των πολύπλοκων και δυσπρόσιτων γνωστικών διαδικασιών του εγκεφάλου
 - ⇒ βρίσκονται σε πολύ πρώιμο στάδιο



Φαινόμενα που Μελετούνται

- Ηλεκτρομυογράφημα
- Ηλεκτροκαρδιογράφημα
- Ηλεκτρο -
οφθαλμογράφημα
- Ηλεκτρο -
εγκεφαλογράφημα
- Μαγνητοκαρδιο-
γράφημα
- Μαγνητο-εγκεφαλο-
γράφημα
- Τρέχουσα έρευνα

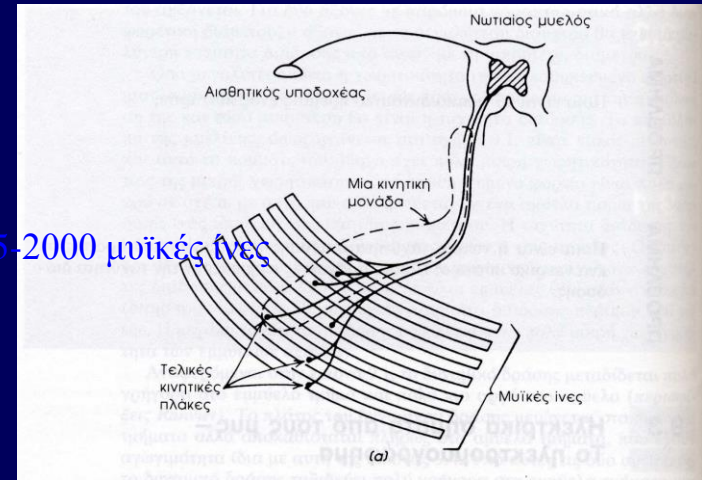
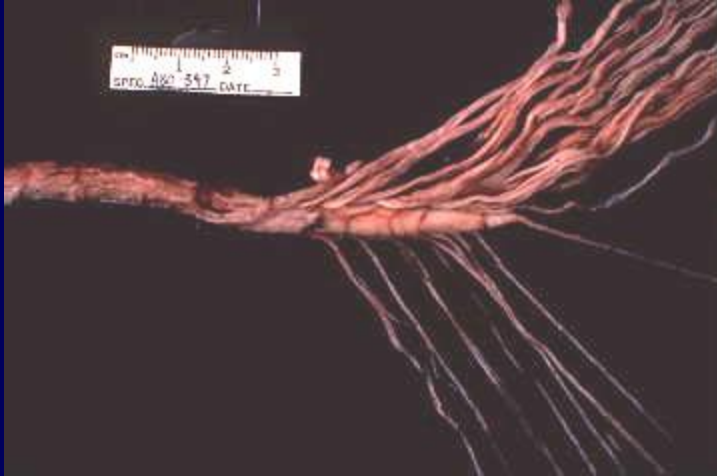


Ηλεκτρικά Σήματα από τους Μυες Το Ηλεκτρομυογράφημα

Η καταγραφή των δυναμικών από τους μυς κατά τη διάρκεια της συστολής τους καλείται

Ηλεκτρομυογράφημα

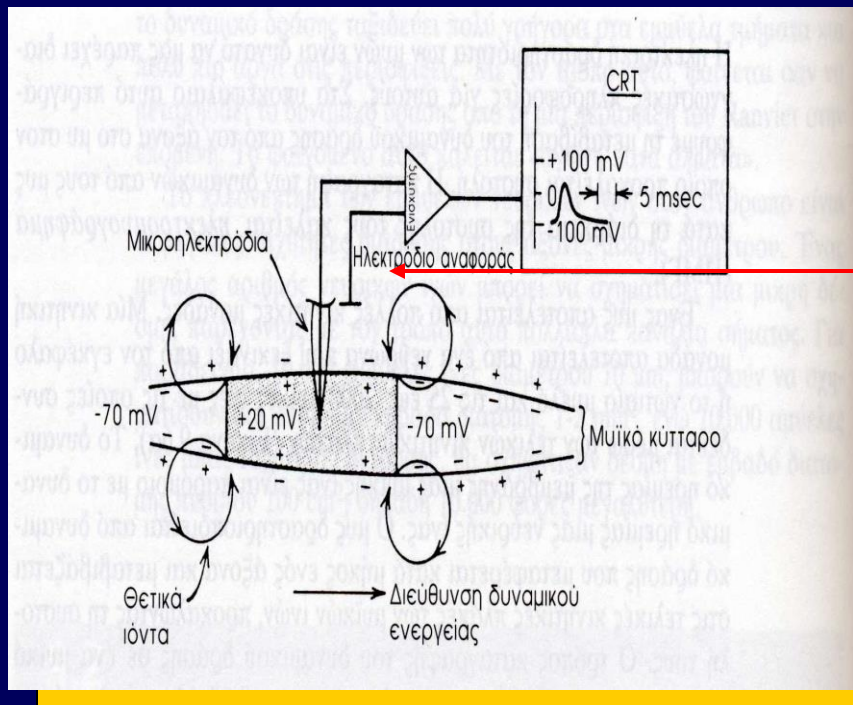
Κινητική Μονάδα του Μυός



25-2000 μυϊκές ίνες

Σχηματικές παραστάσεις ενός νευρώνα που προέρχεται από το νωτιαίο μυελό και καταλήγει σε πολλά μυϊκά κύτταρα με τα οποία αποτελούν μια κινητική μονάδα

Διάταξη Μέτρησης Δυναμικού Δράσης



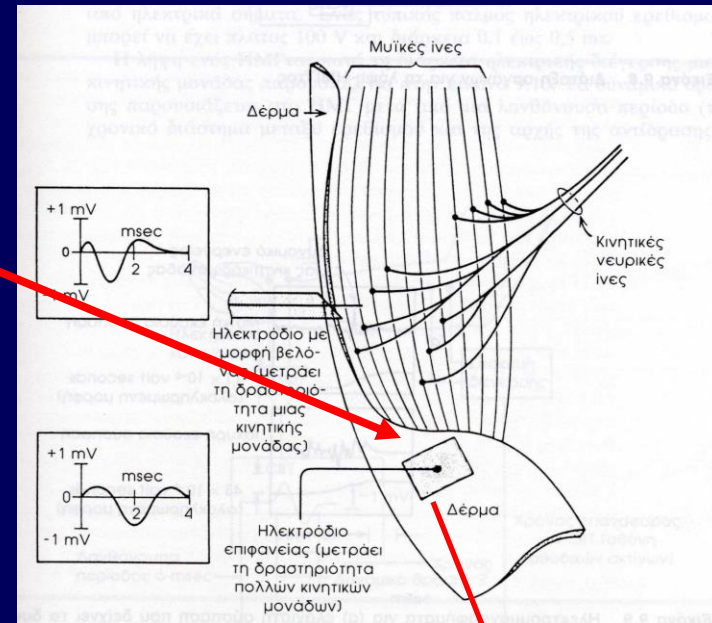
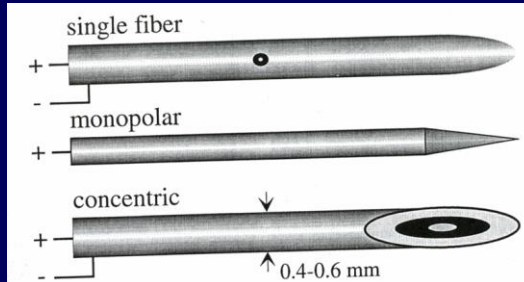
Το ηλεκτρόδιο δράσης βυθίζεται στο υγρό που περιβάλλει το κύτταρο

Ηλεκτρόδια Επιφανείας και Μορφής Βελόνας

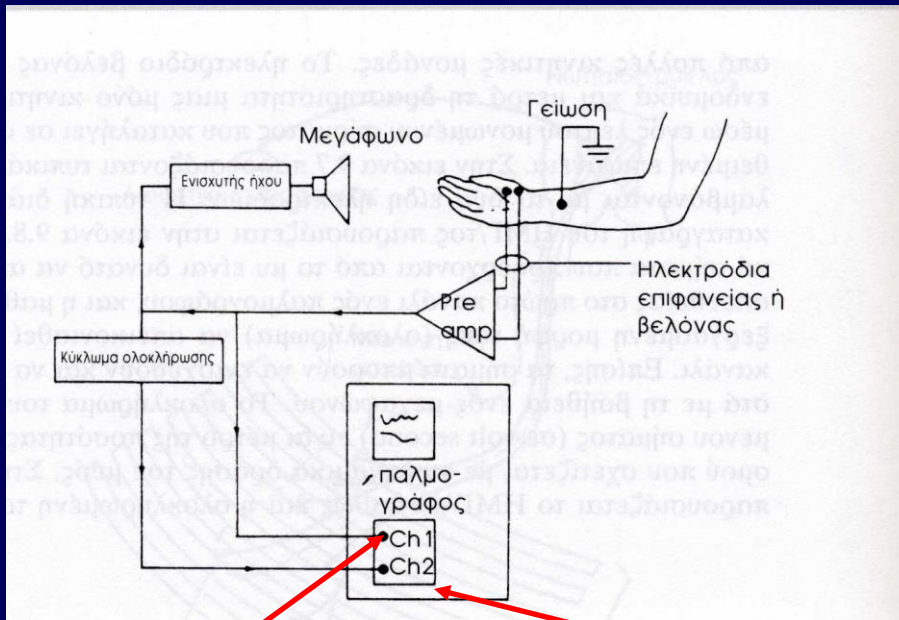
Το ηλεκτρόδιο επιφανείας τοποθετείται στο δέρμα
Μετρά ηλεκτρικά σήματα που προέρχονται από
πολλές κινητικές μονάδες



Το ηλεκτρόδιο βελόνας τοποθετείται ενδομυϊκά
Μετρά τη δραστηριότητα μιας μόνο κινητικής
μονάδας



Διάταξη λήψης ΗΜΓ/τος

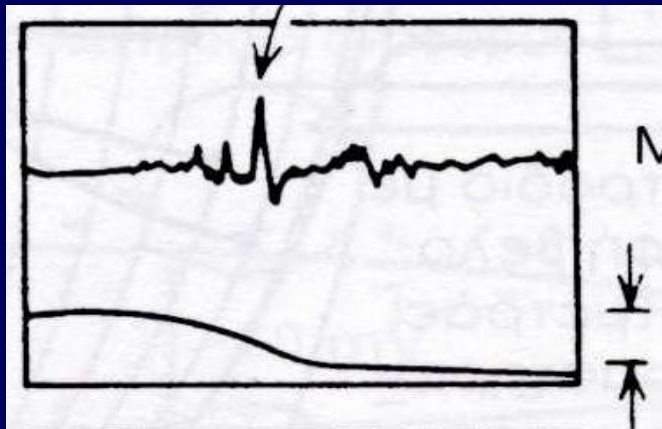


Τα ηλεκτρικά σήματα που προέρχονται από το μυ είναι δυνατό να απεικονιστούν απευθείας στο πρώτο κανάλι ενός παλμογράφου

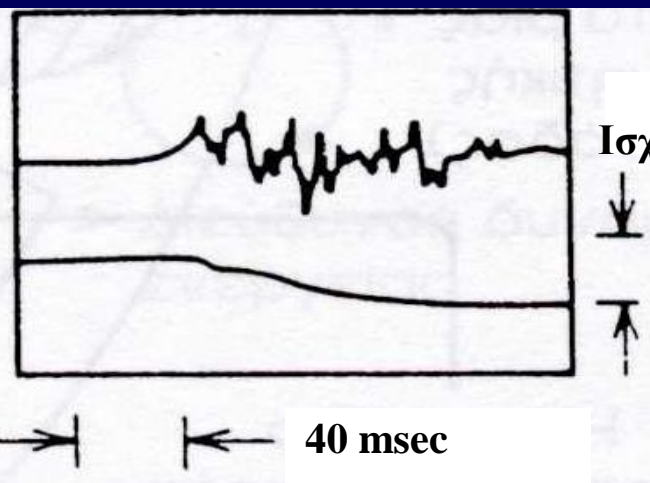
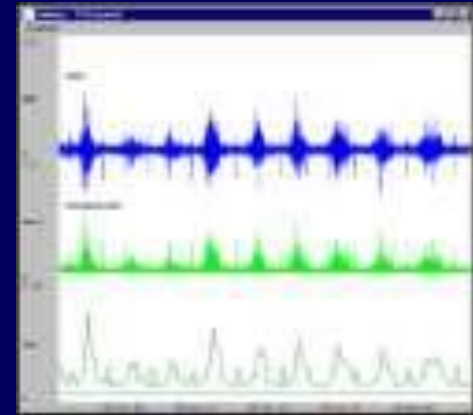
και η μαθηματικά επεξεργασμένη μορφή τους (ολοκλήρωμα), στο δεύτερο κανάλι

Ηλεκτρομυογραφήματα

Δυναμικό ενέργειας
μιας κινητικής μονάδας



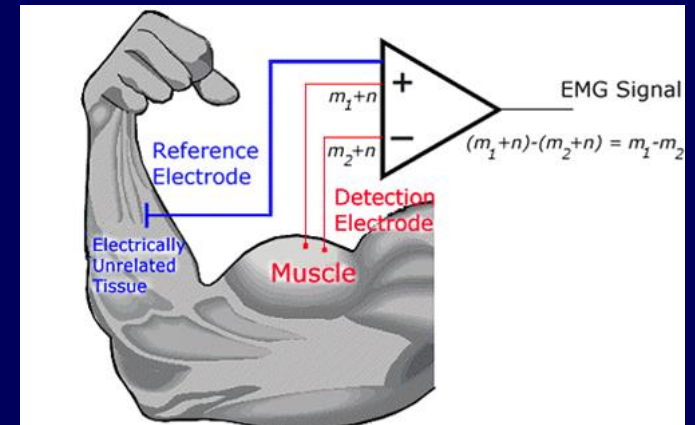
11×10^{-6} volt sec
ολοκληρωμένη μορφή



Ισχυρή εκούσια σύσπαση

43×10^{-6} volt sec
ολοκληρωμένη μορφή

40 msec

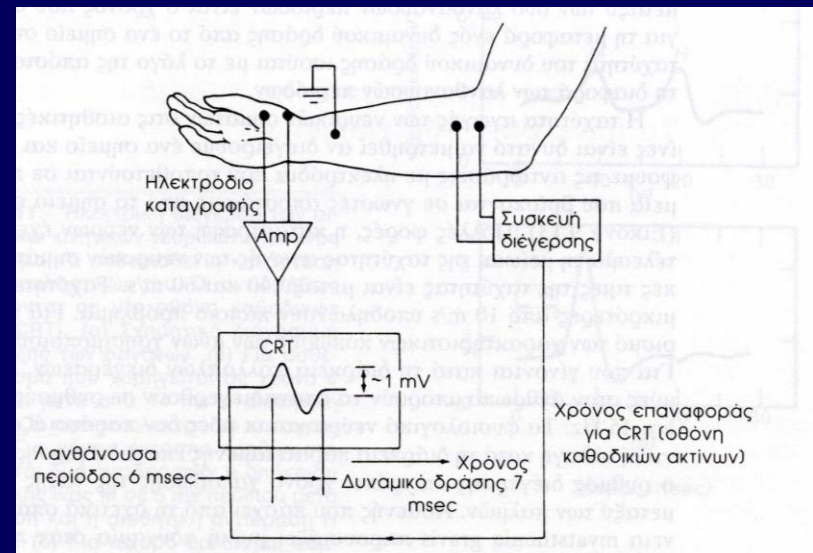


Διάταξη για διέγερση μιας κινητικής μονάδας

HΜΓ μπορεί να ληφθεί από μυς ή κινητικές μονάδες που διεγείρονται ηλεκτρικά

Η εκούσια σύσπαση εκτείνεται συνήθως σε 100 msec περίπου γιατί οι κινητικές μονάδες δεν διεγείρονται ταυτόχρονα

Στη μέθοδο της ηλεκτρικής διέγερσης οι μυϊκές ίνες διεγείρονται σχεδόν ταυτόχρονα από ηλεκτρικά σήματα Πλάτος ~100V, διάρκεια ~0.1-0.5 msec

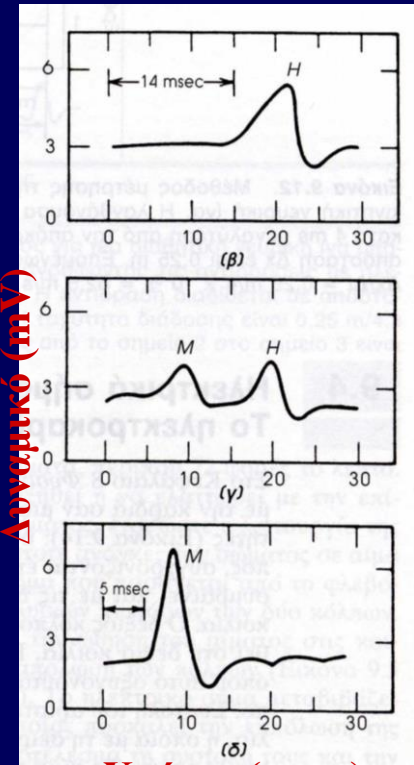


Διέγερση αισθητικών και κινητικών νευρικών ΙΝΩΝ

α) Για ασθενές ερέθισμα που χορηγείται σε χρόνο 0 λαμβάνεται μετά από 14 msec η αισθητική αντίδραση H από το ηλεκτρόδιο καταγραφής

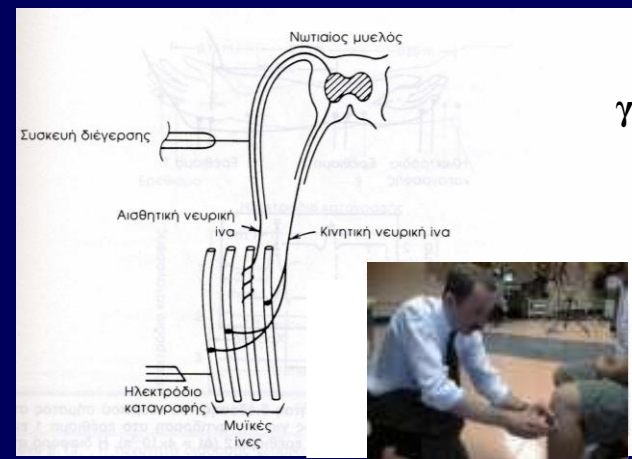
β) Για μέσης έντασης ερεθίσματα λαμβάνεται μετά από 5 msec η απόκριση της κινητικής ίνας M και σε 14 msec η αισθητική αντίδραση H

γ) Για ισχυρό ερέθισμα λαμβάνεται μόνο η αντίδραση M

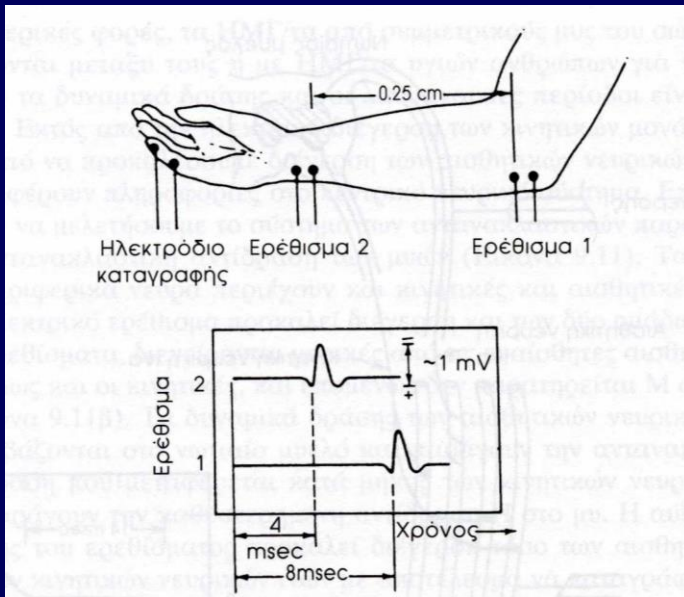


Χρόνος (msec)

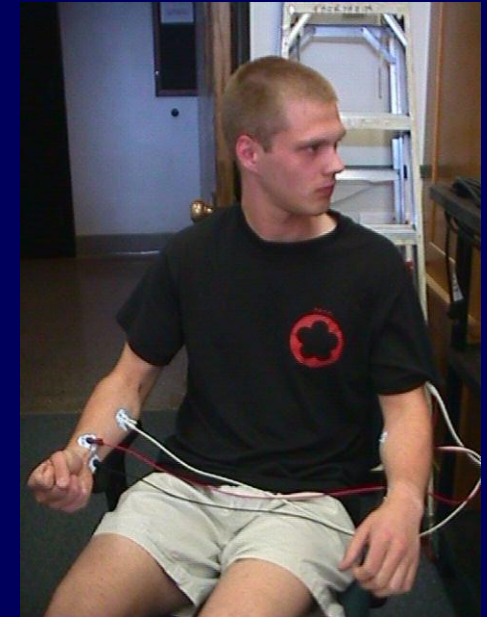
Ηλεκτρική διέγερση ενός βρέφους για να καθοριστεί η κατάσταση των αντανακλαστικών του



Ταχύτητα αγωγής του δυναμικού δράσης στα κινητικά κύτταρα

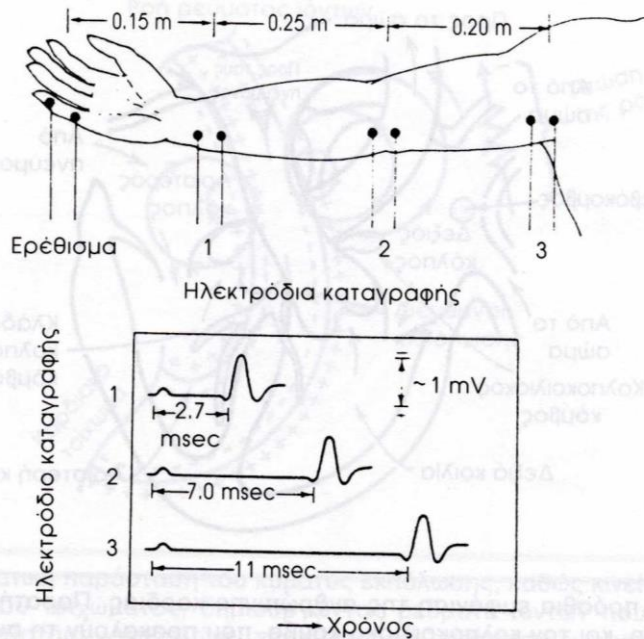


Ταχύτητα δυναμικού δράσης ισούται με το λόγο της απόστασης προς τη διαφορά των λανθανουσών περιόδων



Εφαρμόζονται ερεθίσματα σε δύο διαφορετικά σημεία και μετράται η λανθάνουσα περίοδος για κάθε αντίδραση. Η διαφορά μεταξύ των δύο λανθάνουσών περιόδων είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά ενός δυναμικού δράσης από το ένα σημείο στο άλλο

Ταχύτητα διάδοσης νευρικού σήματος



Τυπικές τιμές της ταχύτητας είναι μεταξύ 40 και 60 m/s, ταχύτητες αγωγής μικρότερες από 10 m/s υποδηλώνουν κάποιο πρόβλημα



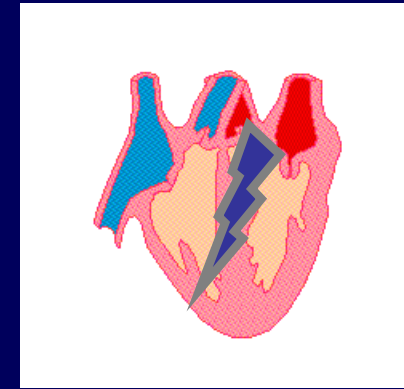
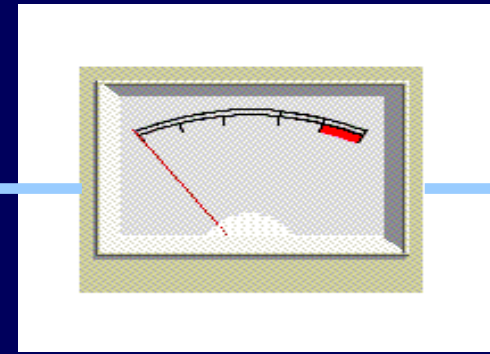
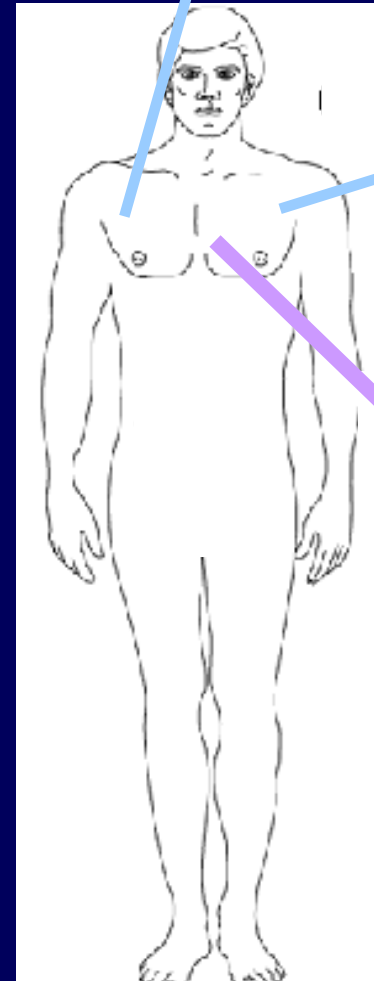
Η ταχύτητα διάδοσης νευρικού σήματος για μια αισθητική νευρική ίνα μπορεί να καθοριστεί διεγείροντας μια περιοχή και καταγράφοντας τις αντιδράσεις με ηλεκτρόδια που τοποθετούνται σε γνωστές αποστάσεις

Η καρδιά

Είναι σαν μια αντλία

Έχει ηλεκτρική δραστηριότητα
(δυναμικά δράσης)

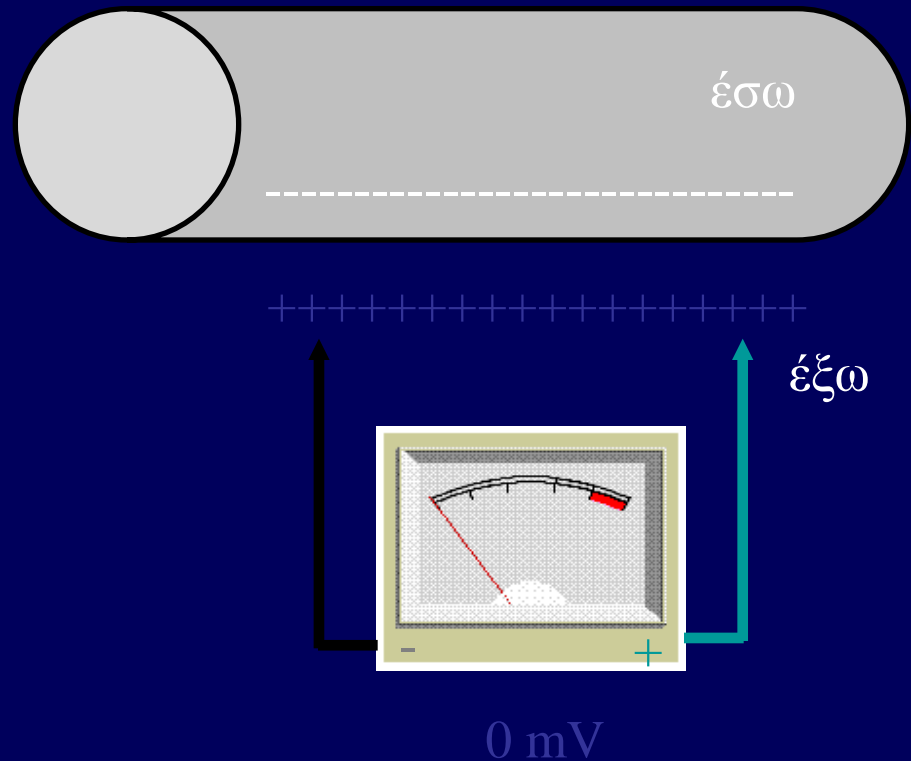
Παράγει ηλεκτρικό ρεύμα το
οποίο μπορεί να μετρηθεί
στην επιφάνεια του δέρματος
(EKG)



Ρεύματα και δυναμικά

- Σε ηρεμία το V_m είναι σταθερό
- Δε υπάρχει ρεύμα
- Το εσωτερικό του κυττάρου είναι σε σταθερό δυναμικό
- Το εξωτερικό του κυττάρου είναι σε σταθερό δυναμικό

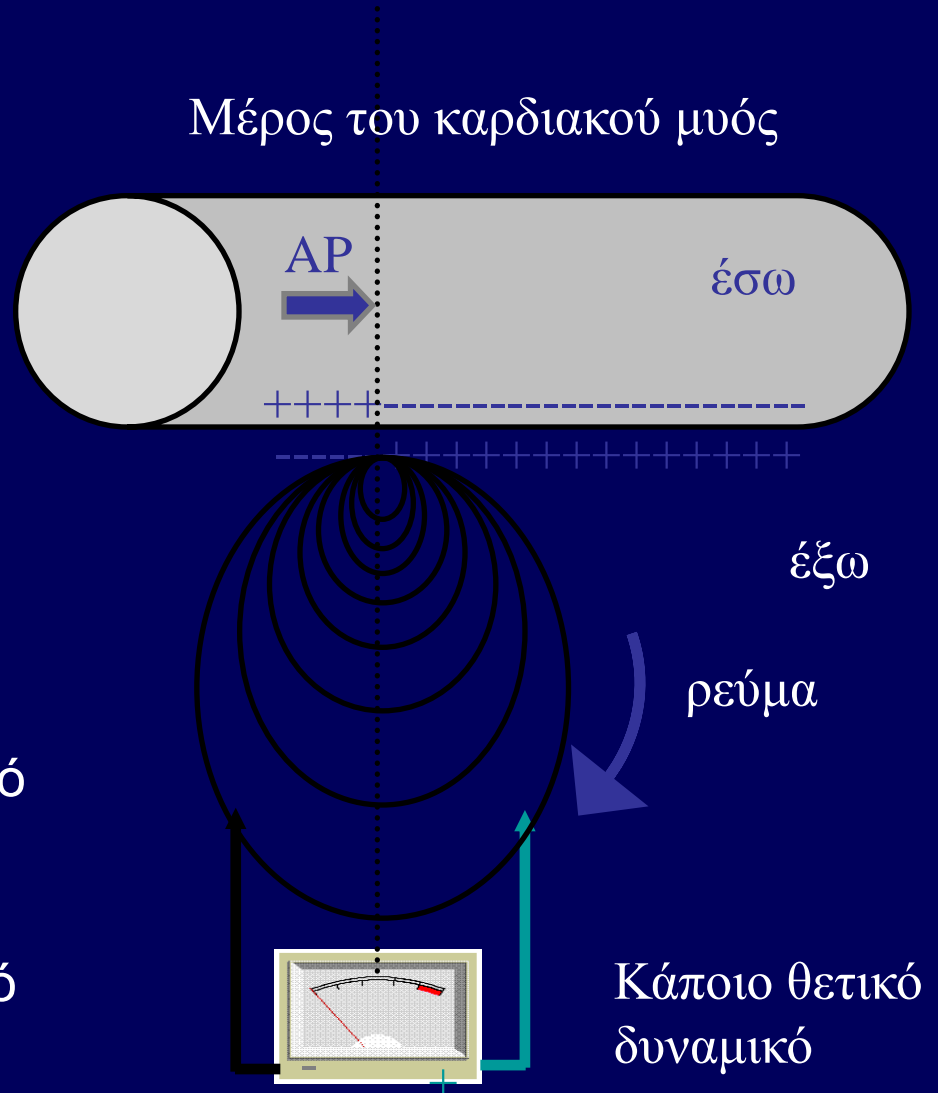
Μέρος του καρδιακού μυός



Ρεύματα και δυναμικά

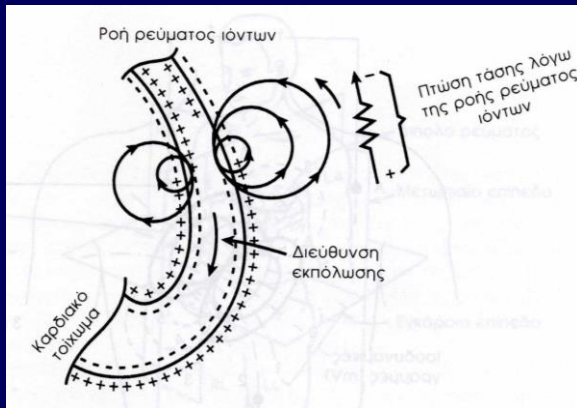
Ένα δυναμικό δράσης που διαδίδεται προς το θετικό ηλεκτρόδιο του ΕΚΓ/τος παράγει ένα θετικό σήμα

- Κατά την εκπόλωση το V_m δεν είναι σταθερό
- Υπάρχει ρεύμα
- Το δυναμικό στο εσωτερικό του κυττάρου δεν είναι σταθερό
- Το δυναμικό στο εξωτερικό του κυττάρου δεν είναι σταθερό

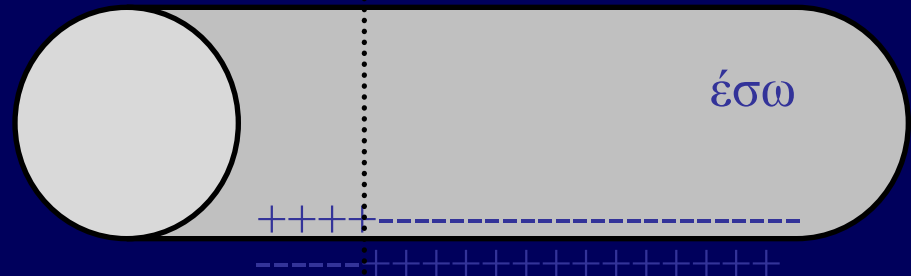


Ρεύματα και δυναμικά

Ένα δυναμικό δράσης που διαδίδεται από το θετικό ηλεκτρόδιο του ΕΚΓ/τος παράγει ένα αρνητικό σήμα

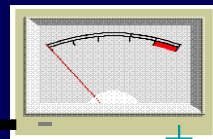


Μέρος του καρδιακού μυός



έξω

ρεύμα

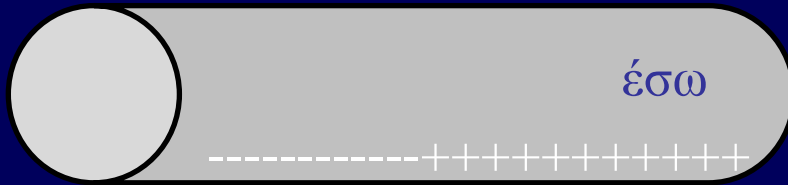


Καταγραφή αρνητικού δυναμικού

Ρεύματα και δυναμικά

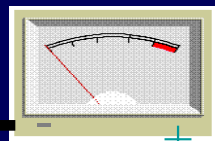
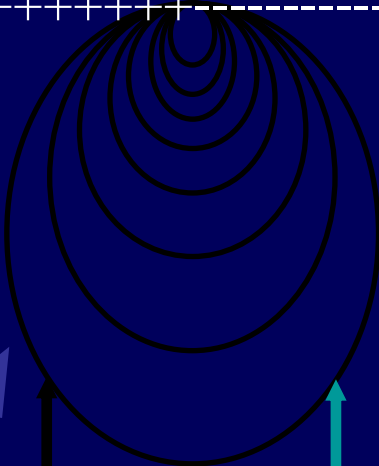
Κατά τη διάρκεια της επαναπόλωσης

Μέρος του καρδιακού μυός



έξω

ρεύμα



Αρνητικό δυναμικό

Μέρος ενός εντελώς εκπολωμένου καρδιακού μυός



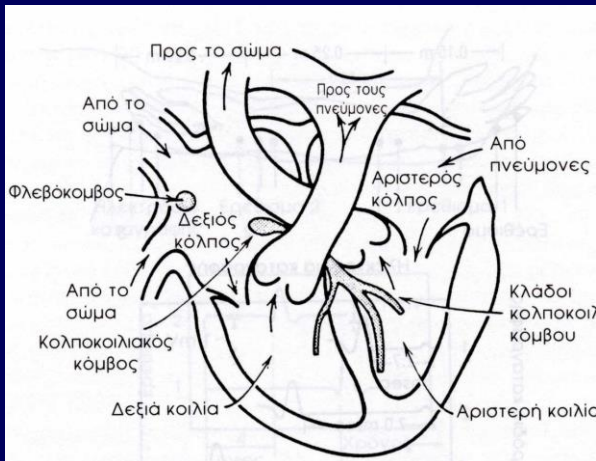
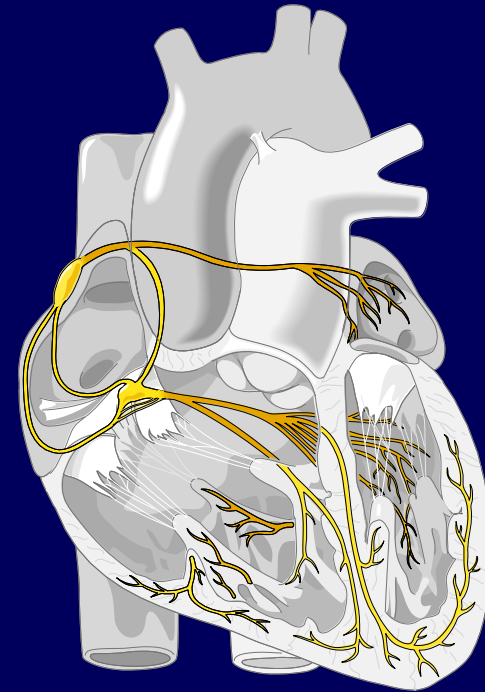
έξω

V_m δεν αλλάζει
Όχι ρεύμα
Όχι σήμα ECG

Επαναπόλωση που διαδίδεται προς το θετικό ηλεκτρόδιο του EKG/τος παράγει μια αρνητική απόκριση

Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Η εκπόλωση και επαναπόλωση του καρδιακού μυός προκαλούν ροή ρεύματος στους ιστούς του σώματος και επομένως την επαγωγή ηλεκτρικών δυναμικών στο δέρμα



Η καταγραφή των ηλεκτρικών δυναμικών μεταξύ δύο σημείων που βρίσκονται σε διάφορες θέσεις στην επιφάνεια του σώματος καλείται

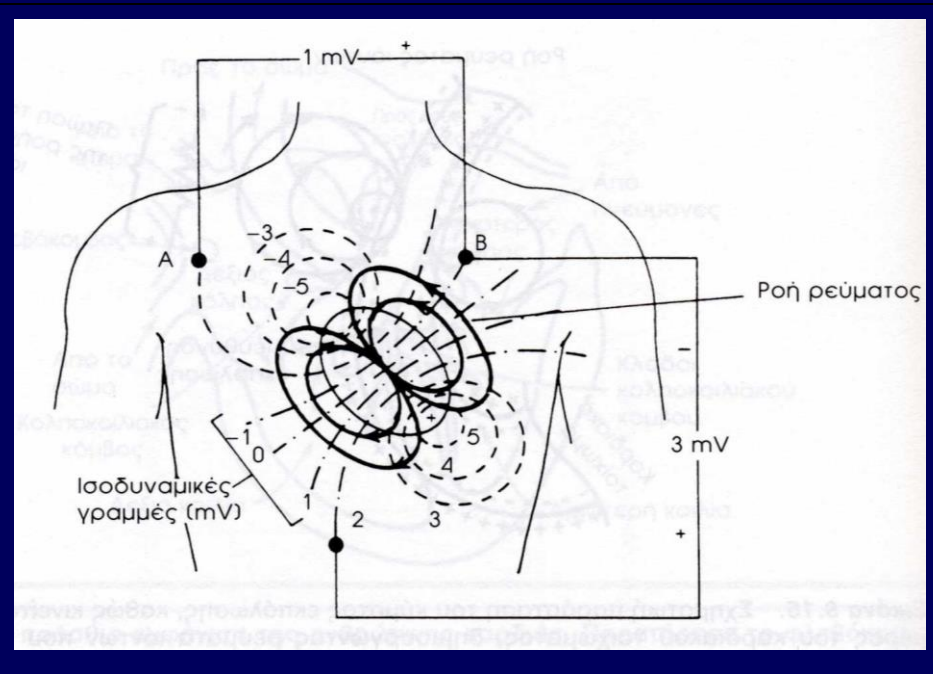
Ηλεκτροκαρδιογράφημα

ΣΚΟΠΟΣ

- Κατανόηση της βασικής ανατομίας της καρδιάς
- Κατανόηση πως τα κυτταρικά δυναμικά δράσης δίνουν σήματα που μπορούν να καταγραφούν με εξωκυτταρικά ηλεκτρόδια
- Κατανόηση της οδού διάδοσης του δυναμικού δράσης διαμέσου της καρδιάς
- Κατανόηση της προέλευσης των κύριων φάσεων του ΕΚΓ/τος

Δίπολο ρεύματος

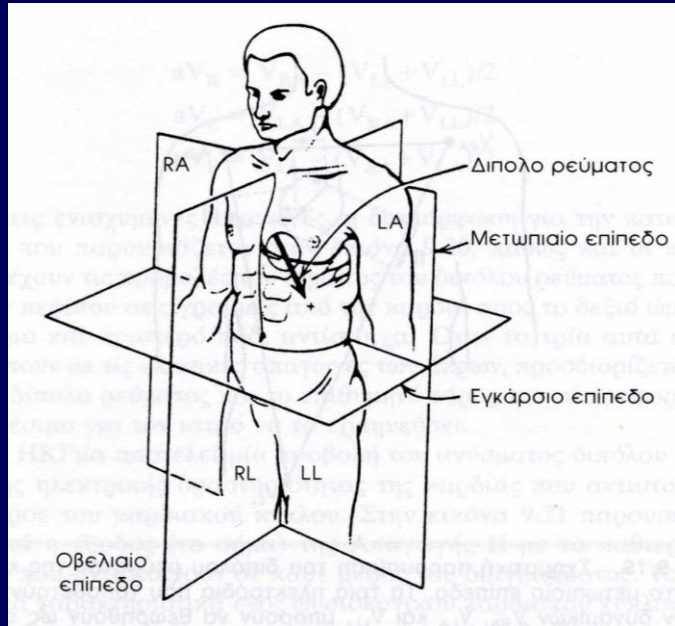
Τα δυναμικά που μετρώνται στην επιφάνεια του σώματος είναι η προβολή του διπόλου ρεύματος σε συγκεκριμένες διεύθυνσεις και εξαρτώνται από τα σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων



Η κατανομή του δυναμικού σε όλη την καρδιά όταν οι κοιλίες έχουν εκπολωθεί κατά το ήμισυ δίνεται από τις ισοδυναμικές γραμμές

Ηλεκτρικό δίπολο είναι ένα σύστημα ίσων θετικών και αρνητικών φορτίων που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, στην περίπτωση της καρδιάς δημιουργείται από τα ρεύματα ιόντων που προέρχονται από την εκπόλωση της καρδιάς

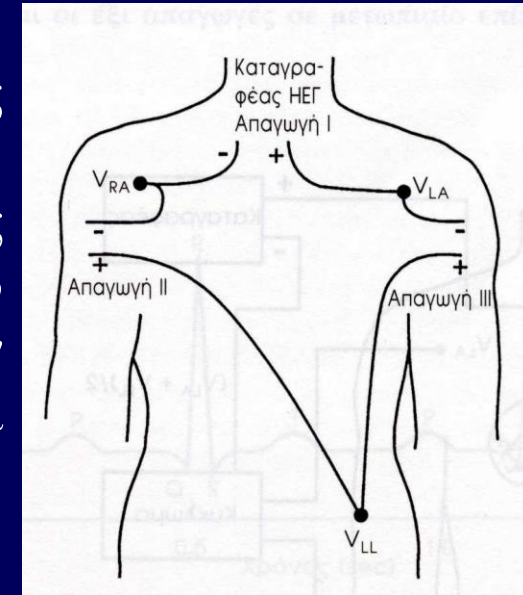
Ηλεκτρικές απαγωγές



Τα ηλεκτρόδια επιφανείας που χρησιμοποιούνται για τη λήψη ενός ΗΚΓ/τος συνήθως τοποθετούνται στο δεξιό βραχίονα (RA), στον αριστερό βραχίονα (LA) και την αριστερή κνήμη (LL)



Οποιαδήποτε 2 από τα 3 σήματα δίνουν το σχετικό πλάτος και τη διεύθυνση του ανύσματος του διπόλου ρεύματος

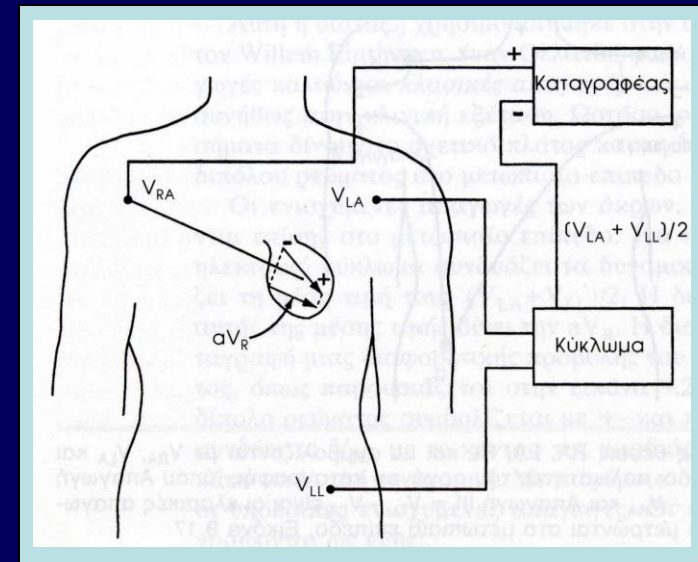
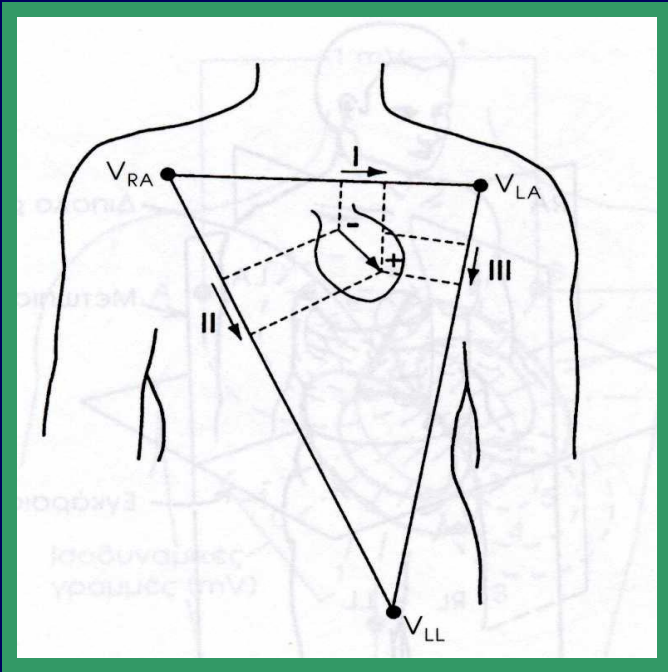


$$\text{Απαγωγή I} = V_{LA} - V_{RA}$$

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

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

Ενισχυμένες απαγωγές



Οι τρεις ενισχυμένες απαγωγές παρέχουν τις προβολές του σήματος του διπόλου ρεύματος που αντιστοιχούν περίπου στις γραμμές από την καρδιά προς το δεξιό ώμο, αριστερό ώμο και αριστερό πόδι αντίστοιχα

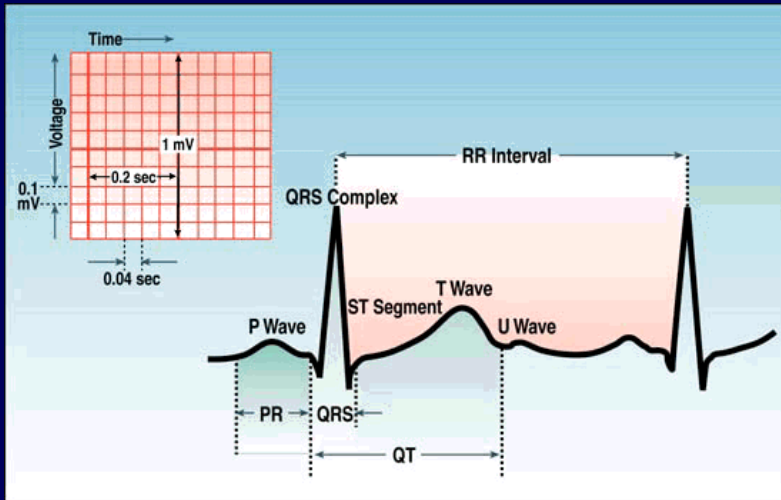
$$aV_R = V_{RA} - (V_{LA} + V_{LL}) / 2$$

$$aV_L = V_{LA} - (V_{RA} + V_{LL}) / 2$$

$$aV_F = V_{LL} - (V_{RA} + V_{LA}) / 2$$

Όταν τα τρία αυτά σήματα συνδυαστούν με τις κλασσικές απαγωγές των άκρων προσδιορίζεται πολύ καλά το δίπολο ρεύματος

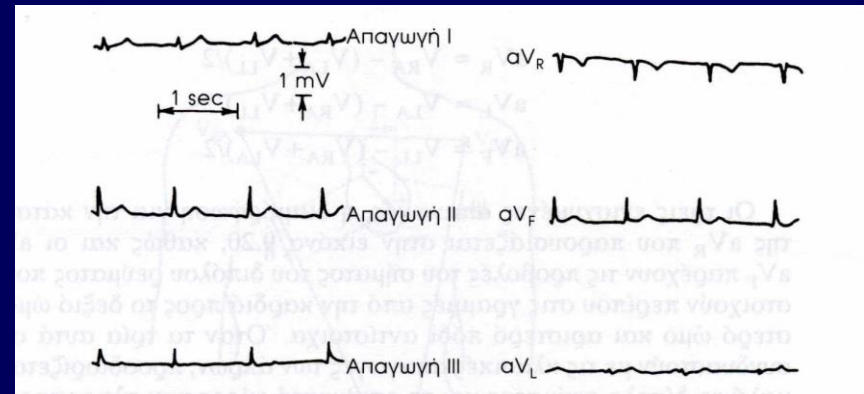
Μορφή ενός φυσιολογικού ηλεκτροκαρδιογραφήματος



Το πρόσημο της κυματομορφής εξαρτάται από τη διεύθυνση του ανύσματος του διπόλου, την πολικότητα και τη θέση των ηλεκτροδίων στο όργανο μέτρησης

6 ΗΚΓ/τα σε μετωπιαίο επίπεδο ενός φυσιολογικού ανθρώπου

- Τυπικό ΗΚΓ για την απαγωγή II**
- Το P αντιστοιχεί στην εκπόλωση των κόλπων και τη συστολή τους**
- Το σύμπλεγμα QRS αντιστοιχεί στην εκπόλωση των κοιλιών**
- Η συστολή των κοιλιών πραγματοποιείται μεταξύ των S και T**
- Το T αντιστοιχεί στην επαναπόλωση των κοιλιών**



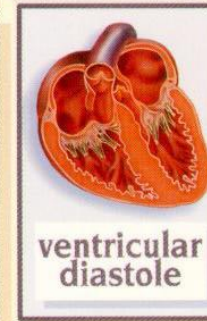
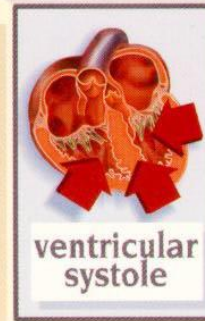
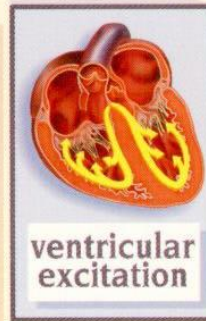
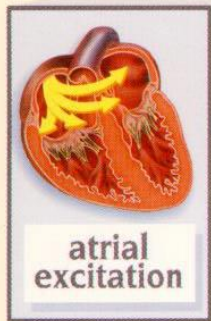
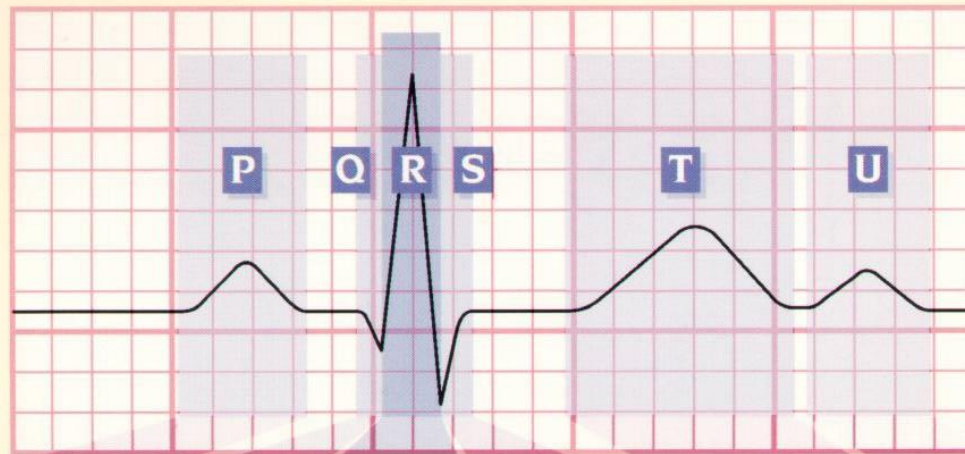
Καρδιακός κύκλος

Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από το φλεβόκομβο προκαλεί την εκπόλωση των μυϊκών κυττάρων των δύο κόλπων με αποτέλεσμα τη συστολή τους και την ώθηση του αίματος στις κοιλίες

Στη συνέχεια ακολουθεί επαναπόλωση των κόλπων. Το ηλεκτρικό σήμα μεταβιβάζεται στον κολποκοιλιακό κόμβο, ο οποίος προκαλεί την εκπόλωση της δεξιάς και αριστερής κοιλίας με αποτέλεσμα τη συστολή τους και την εξώθηση του αίματος στην πνευμονική και στη συστηματική κυκλοφορία

Ακολουθεί επαναπόλωση των μυών των κοιλιών και το φαινόμενο ξεκινάει από την αρχή

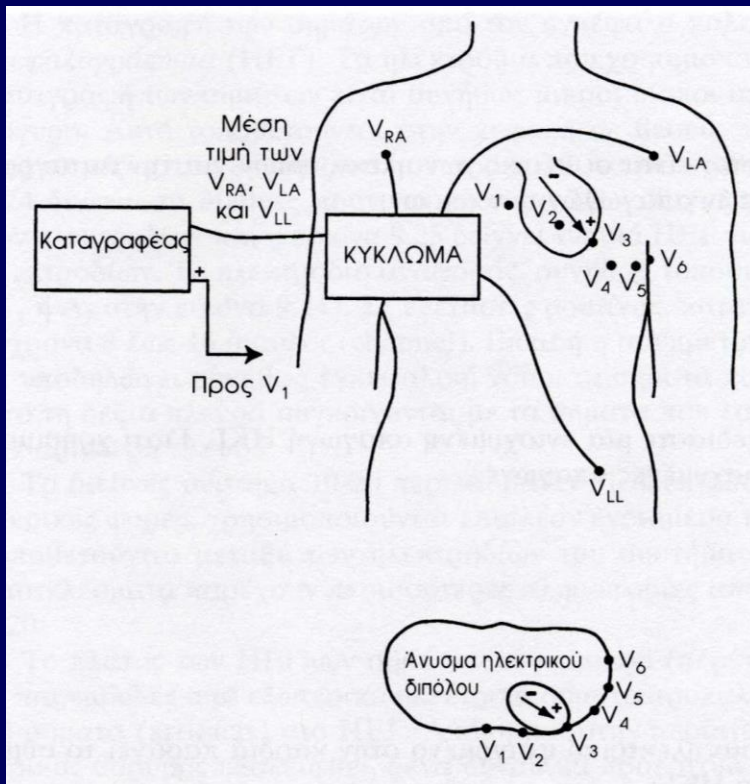
ΗΚΓ για την απαγωγή II



Προσδιορισμός διπόλου



Κατά τη κλινική εξέταση, συνήθως λαμβάνονται 6 ΗΚΓ/τα στο εγκάρσιο επίπεδο και 6 στο μετωπιαίο



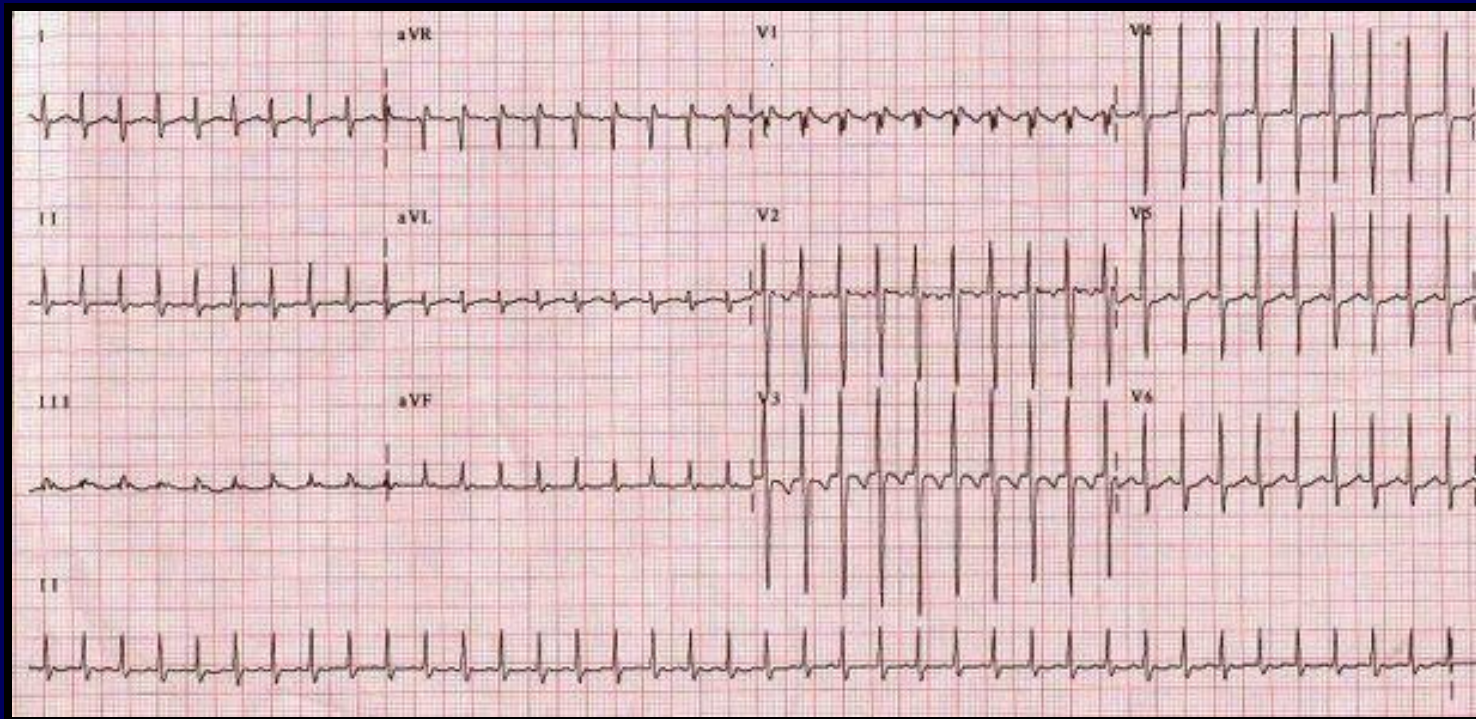
Για τις μετρήσεις στο εγκάρσιο επίπεδο το αρνητικό άκρο του καταγραφέα συνδέεται με ένα αδιάφορο ηλεκτρόδιο το οποίο δίνει τη μέση τιμή που λαμβάνεται από το κύκλωμα από το συνδιασμό των V_{RA} , V_{LA} και V_{LL}

Το θετικό ηλεκτρόδιο μετακινείται κατά μήκος του θωρακικού τοιχώματος στις θέσεις που συμβολίζονται με V_1 μέχρι V_6

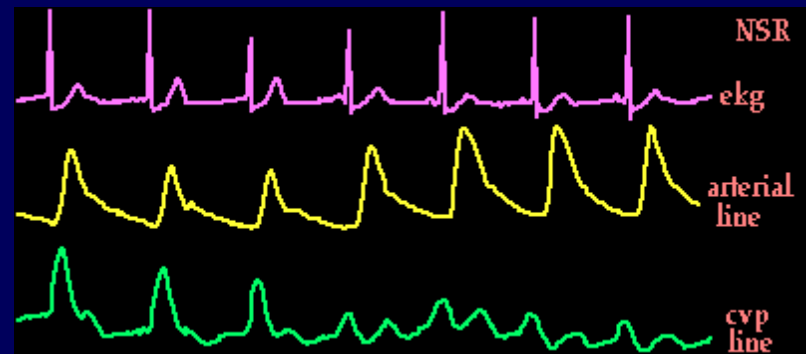
Οι 9 θέσεις ηλεκτροδίων παράγουν 12 δυναμικά: I , II , III , aV_R , aV_L , aV_F και $V_1 - V_6$

Οι πληροφορίες αυτές καθορίζουν πολύ καλά τη συμπεριφορά του διπόλου ρεύματος κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου

Τυπικές κυματομορφές



Κάθε ΗΚΓ/μα αποτελεί μια προβολή του ανύσματος διπόλου ρεύματος ή της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς που αντιστοιχεί σε κάθε μέρος του καρδιακού κύκλου

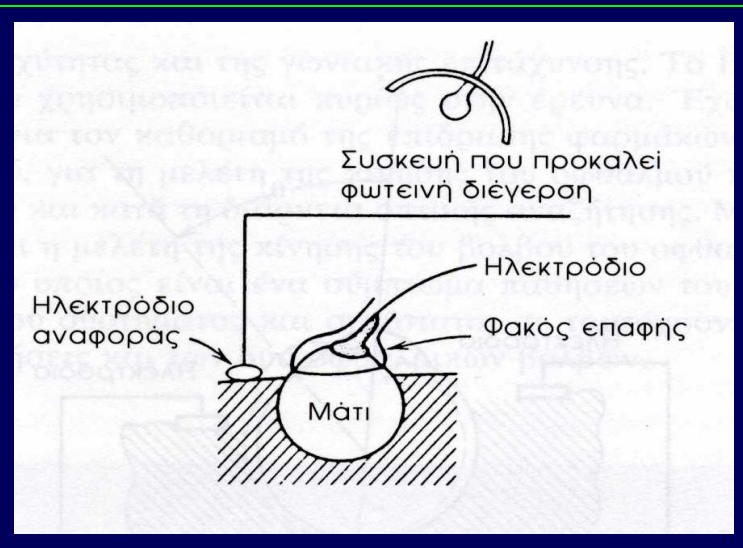


Ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα

Η καταγραφή των μεταβολών του δυναμικού από τον οφθαλμό όταν ο αμφιβληστροειδής εκτίθεται σε λάμψη φωτός καλείται

Ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα

Διάταξη των ηλεκτροδίων και κυματομορφή του ΗΑΓ



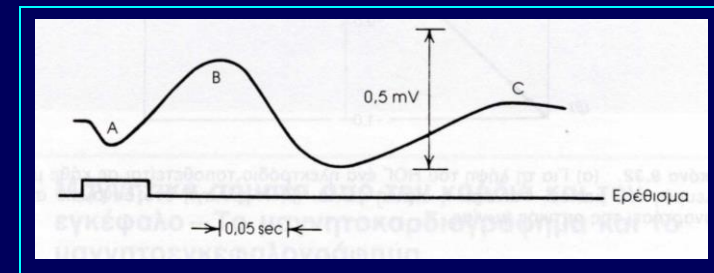
Το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται σε φακό επαφής ο οποίος εφαρμόζεται στον κερατοειδή

Το ηλεκτρόδιο αναφοράς τοποθετείται στο αυτί ή στο μέτωπο για να προσεγγίσει το δυναμικό στο πίσω μέρος του οφθαλμού

Το Β απόν στην μελαγχρωστική αμφιβληστροειδίτιδα

Το σήμα του ΗΑΓ/τος είναι το άθροισμα πολλών επιδράσεων στον οφθαλμό

Το κύμα Β προέρχεται από τον αμφιβληστροειδή

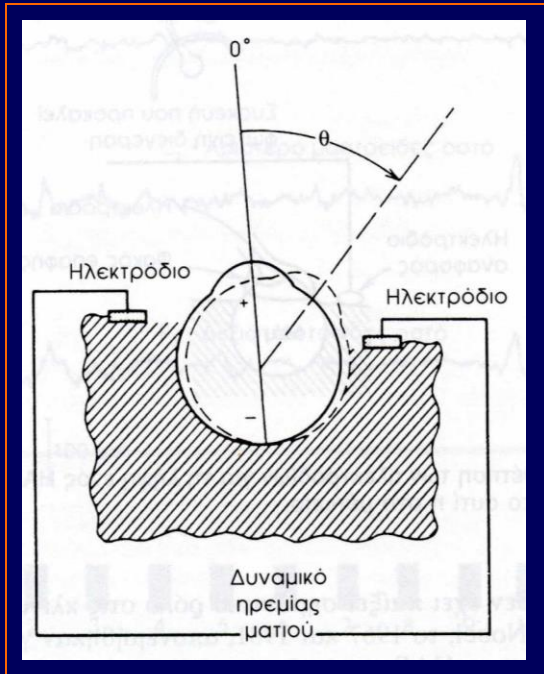


Ηλεκτροοφθαλμογράφημα

Η καταγραφή των μεταβολών του δυναμικού που οφείλεται στην στην κίνηση του βολβού του οφθαλμού καλείται

Ηλεκτροοφθαλμογράφημα

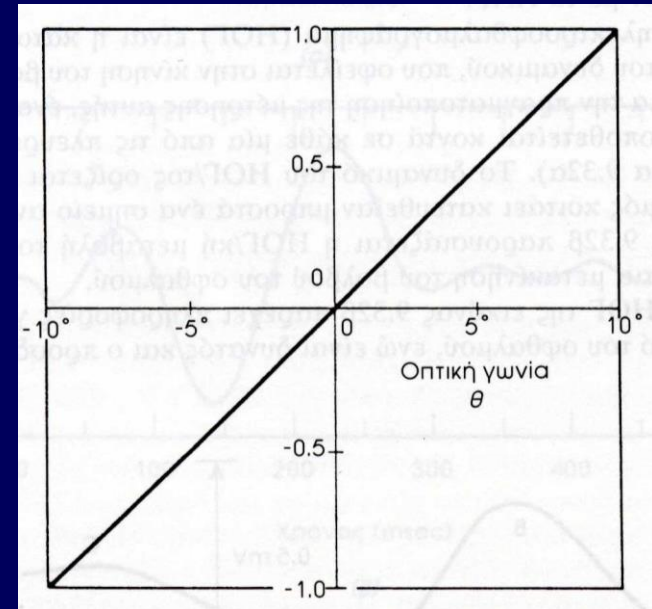
Διάταξη για τη λήψη ΗΟΓ



Για την πραγματοποίησης μέτρησης αυτής τοποθετείται κοντά σε κάθε μία από τις πλευρές του οφθαλμού

Κλινική Εφαρμογή
Μελέτη της κίνησης του βολβού του οφθαλμού κατά τον νυσταγμό

Το ΗΟΓ παρέχει πληροφορίες για τον προσανατολισμό του οφθαλμού καθώς και της γωνιακής ταχύτητας και επιτάχυνσης



Διερεύνηση άλλων λειτουργιών



ΗΟΓ για μέτρηση της κίνησης και ανοιγοκλεισίματος των ματιών



ΕΜΓ για μέτρηση των μυών του προσώπου κατά τη διάρκεια συναισθηματικής φαντασίωσης

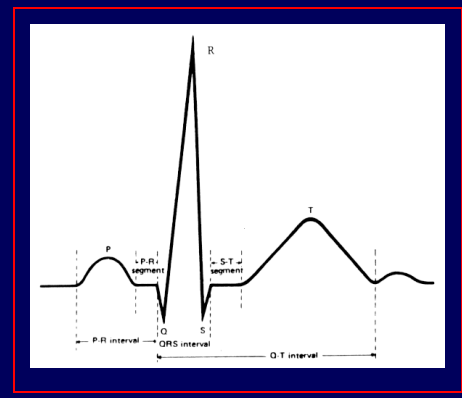
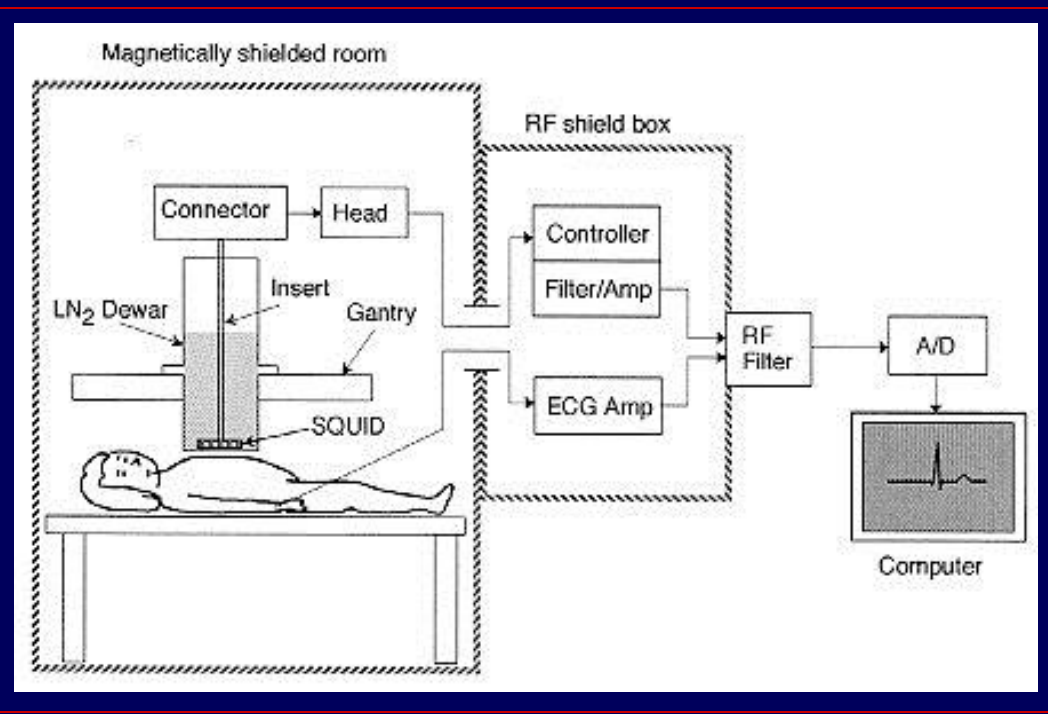
Μαγνητοκαρδιογράφημα

Η καταγραφή του μαγνητικού πεδίου της καρδιάς καλείται

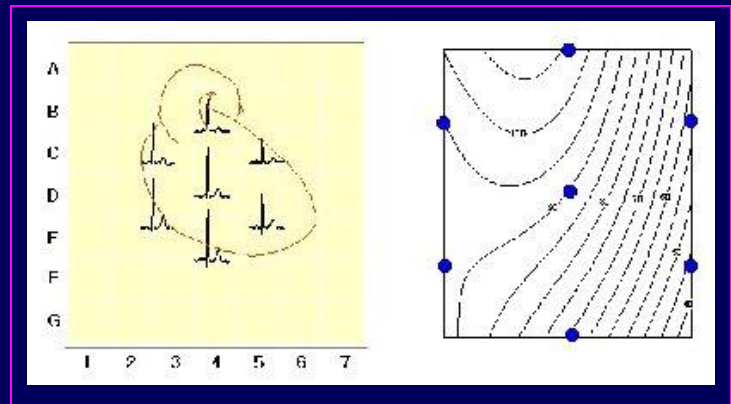
Μαγνητοκαρδιογράφημα

Η μαγνητοκαρδιογραφία μετρά τα πολύ ασθενή
Μαγνητικά πεδία (περίπου 5×10^{-11} Tesla)

Διάταξη λήψης ΜΚΓ/τος

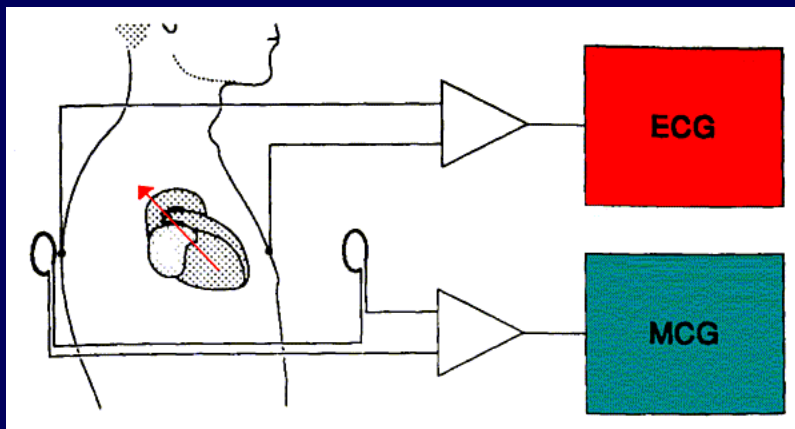
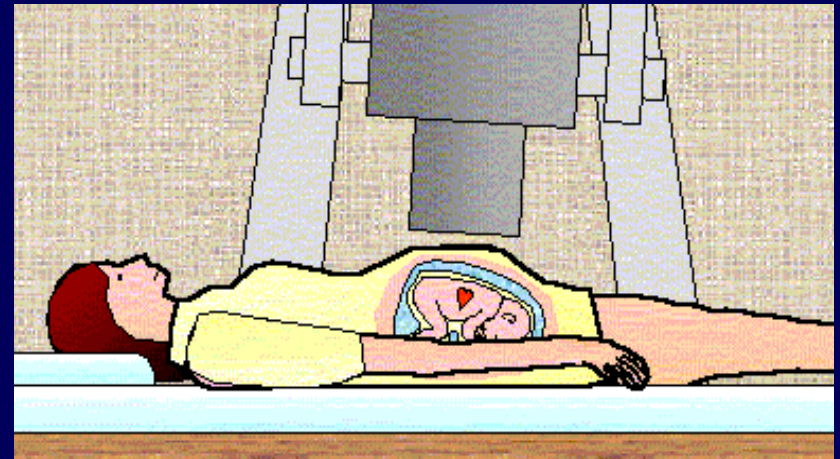


Το ρεύμα που παράγεται στην Καρδιά κατά την εκπόλωση και Επαναπόλωση δημιουργεί Μαγνητικό πεδίο



Συνδιασμός ΗΚΓ/τος και ΜΚΓ/τος

Πιο ακριβής και πλήρης
προσδιορισμός της
λειτουργίας της καρδιάς

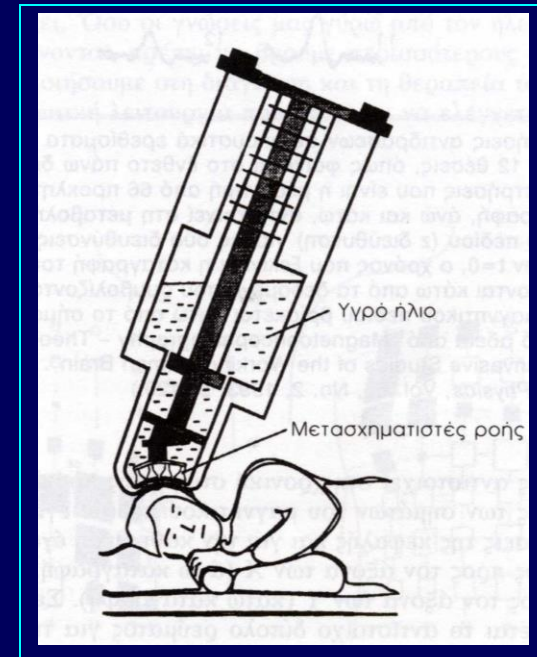


Για τη μέτρηση αυτών των ασθενών
μαγνητικών πεδίων είναι απαραίτητο
να θωρακισμένα δωμάτια και πολύ
ευαίσθητοι ανιχνευτές
μαγνητικών πεδίων

Μαγνητοεγκεφαλογράφημα

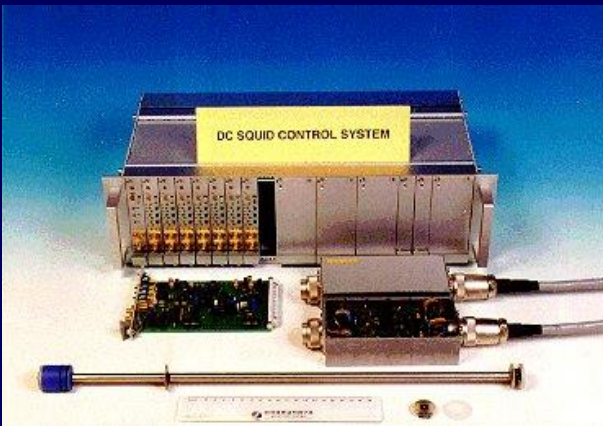
Το μαγνητόμετρο SQUID έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον εγκέφαλο

Τα SQUID βρίσκονται σε διάταξη κοντά στο κρανίο για την ανίχνευση της συνιστώσας του μαγνητικού πεδίου σε διεύθυνση κάθετη στην επιφάνειά τους

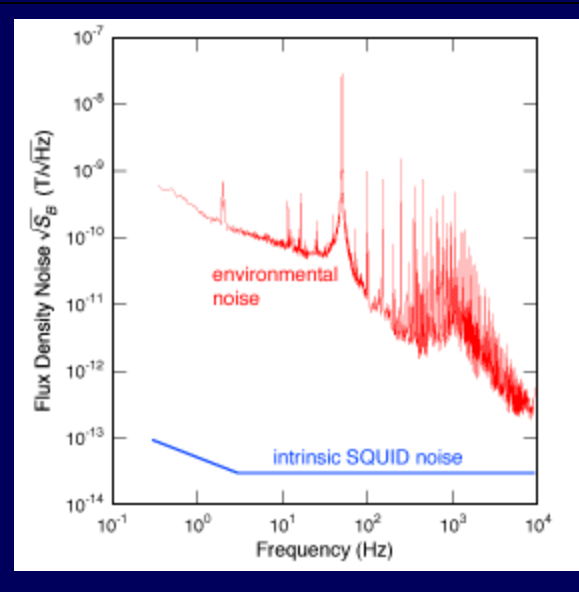


Ο εγκέφαλος του ασθενούς μπορεί να διεγερθεί από ένα ακουστικό σήμα μέσω πλαστικών σωλήνων και ενός κατάλληλα διαμορφωμένου ακουστικού άκρου

Η καταγραφή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον εγκέφαλο καλείται Μαγνητοεγκεφαλογράφημα



Κυματομορφές ΜΕΓ/των

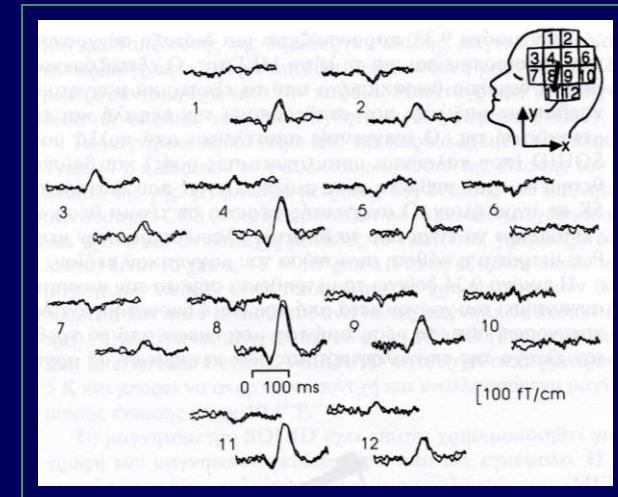


Ο υπολογιστή προσδιορίζει τη μέση τιμή των ανεπιθύμητων σημάτων από άλλα μέρη του εγκεφάλου και από το μαγνητικό θόρυβο, τα αφαιρεί από το συνολικό μαγνητικό σήμα και έτσι αναδεικνύει τα μικρά επιθυμητά σήματα

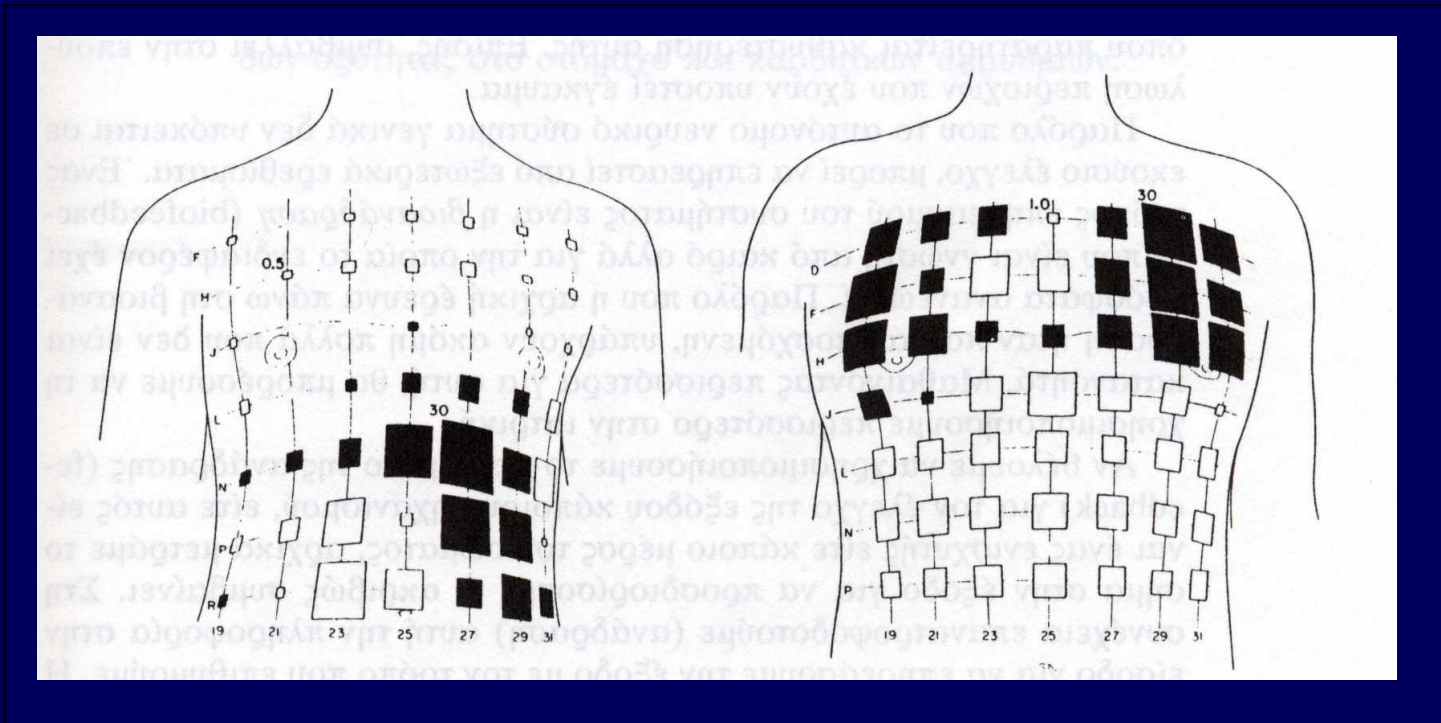
Το δίπολο ρεύματος πρέπει να εκτιμηθεί σε κάθε στιγμή των μετρήσεων για τον καθορισμό του μεγέθους, της διεύθυνσης και της θέσης του μέσα στο εγκέφαλο

Μετρήσεις των σημάτων του μαγνητικού πεδίου που έγιναν σε 12 διαφορετικές θέσεις της κεφαλής

Για κάθε μέτρηση προσδιορίζεται το αντίστοιχο δίπολο ρεύματος για τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στην υψηλότερη κορυφή



Μόλυνση από μαγνητικά υλικά



Η κατανομή του μαγνητικού πεδίου στο θώρακα δύο ατόμων που έχουν μολυνθεί από μαγνητικά υλικά. Τα μαύρα τετράγωνα αντιστοιχούν στα πεδία προς τη μια κατεύθυνση ενώ τα άσπρα στην πορεία επιστροφής. Τα γραφήματα αυτά οφείλονται σε 100mg οξειδίου του σιδήρου στο εσωτερικό των πνευμόνων από οξυγονοκολλήσεις

Τρέχουσα έρευνα για τον ηλεκτρισμό στο ανθρώπινο σώμα

Πιστεύεται ότι οι δυνάμεις που ασκούνται στα οστά παράγουν δυναμικά που οφείλονται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο και με τον τρόπο αυτό παράγονται ρεύματα στις επαφές κολλαγόνου – απατίτη που προκαλούν και ελέγχουν την αύξηση των οστών

Το ρεύμα που παράγεται σε μια τραυματισμένη περιοχή καλείται ρεύμα τραύματος. Το ηλεκτρικό δυναμικό στην περιοχή του τραύματος είναι μεγαλύτερο από αυτό των γύρω περιοχών και πιστεύεται ότι σχετίζεται με την αναγέννηση των άκρων σε ζώα όπως η σαλαμάνδρα και με την επούλωση των πληγών και πόρωση των καταγμάτων στον άνθρωπο

Στο φαινόμενο της βιοανάδρασης για τον έλεγχο της εξόδου κάποιου μηχανισμού, είτε αυτός είναι ένας ενισχυτής είτε κάποιο μέρος του σώματος, αρχικά μετράμε το σήμα στην έξοδο για να προσδιορίσουμε τι ακριβώς συμβαίνει και στη συνέχεια ανατροφοδοτούμε αυτή την πληροφορία στην είσοδο για να επηρεάσουμε την έξοδο με τον τρόπο που επιθυμούμε

Αν κάποιο άτομο παρατηρήσει ότι στο ΗΕΓ/του ο α ρυθμός αλλάζει σε β ρυθμό λόγω αναπτύξεως κεφαλαλγίας το άτομο μπορεί ηρεμώντας πνευματικά να πείσει τόσο τον εγκέφαλο όσο και το σώμα να επιστρέψει στον α ρυθμό προλαμβάνοντας με τον τρόπο αυτό την κεφαλαλγία