

«Ηλεκτρικά Σήματα από το Σώμα»

MED809 (684 για Οδοντ/κη)

Κωνσταντίνος Λουκάς

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής
Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

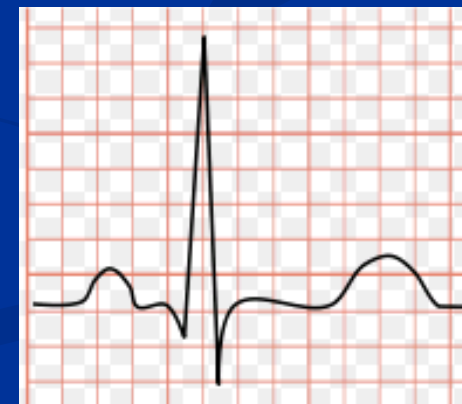
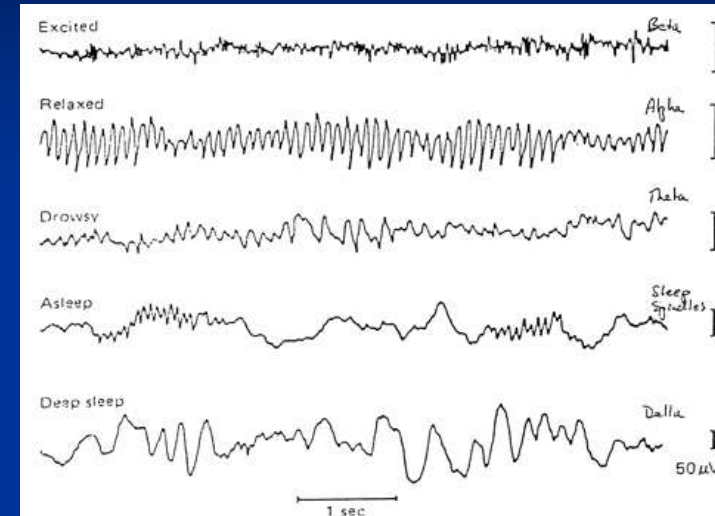
e-mail: cloukas@med.uoa.gr

Περιγραφή Παρουσίασης

- Νευρικός Παλμός
- ΗΜΓ
- ΗΚΓ
- ΗΕΓ
- ΗΑΓ, ΗΟΓ
- ΜΕΓ, Βιοανάδραση

Τι είναι το βιοσήμα

- Μεταβλητό μέγεθος του ανθρωπίνου σώματος το οποίο μπορεί να μετρηθεί και να προσφέρει πληροφορία για την κατάσταση του ατόμου.
- **Παθητικά:** εξωτερική πηγή, ακτινοβολία αλληλοεπιδρά με το σώμα (x-Ray, CT,...)
- **Ενεργά:** παράγονται από το σώμα (ΗΚΓ, ΗΕΓ,...)
- Θα ασχοληθούμε με τα ενεργά (βιοηλεκτρικά/-μαγνητικά) σήματα.



Νευρικό Σύστημα

■ Αυτόνομο Νευρικό σύστημα

- Ελέγχει λειτουργία εσωτερικών οργάνων (καρδιά, έντερο,..)
- Υπεύθυνο για τις αυτόματες, μη ελεγχόμενες αντιδράσεις μας.

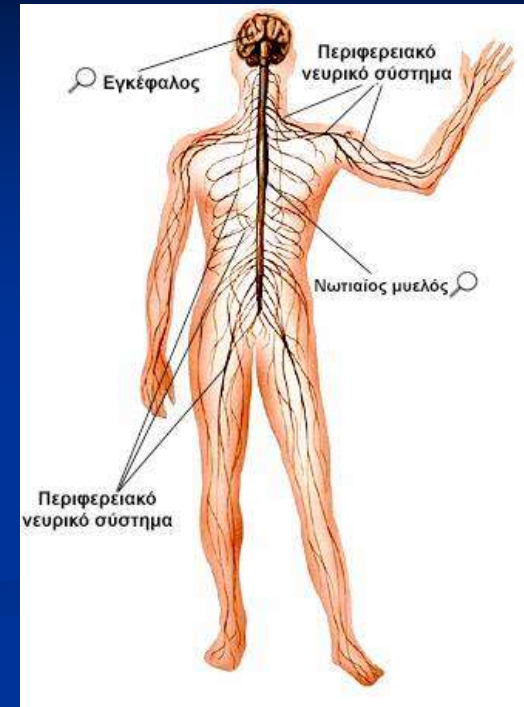
■ Εγκεφαλονωτιαίο Νευρικό Σύστημα

■ ΚΝΣ

- Εγκέφαλος
- Νωτιαίος μυελός

■ ΠΝΣ

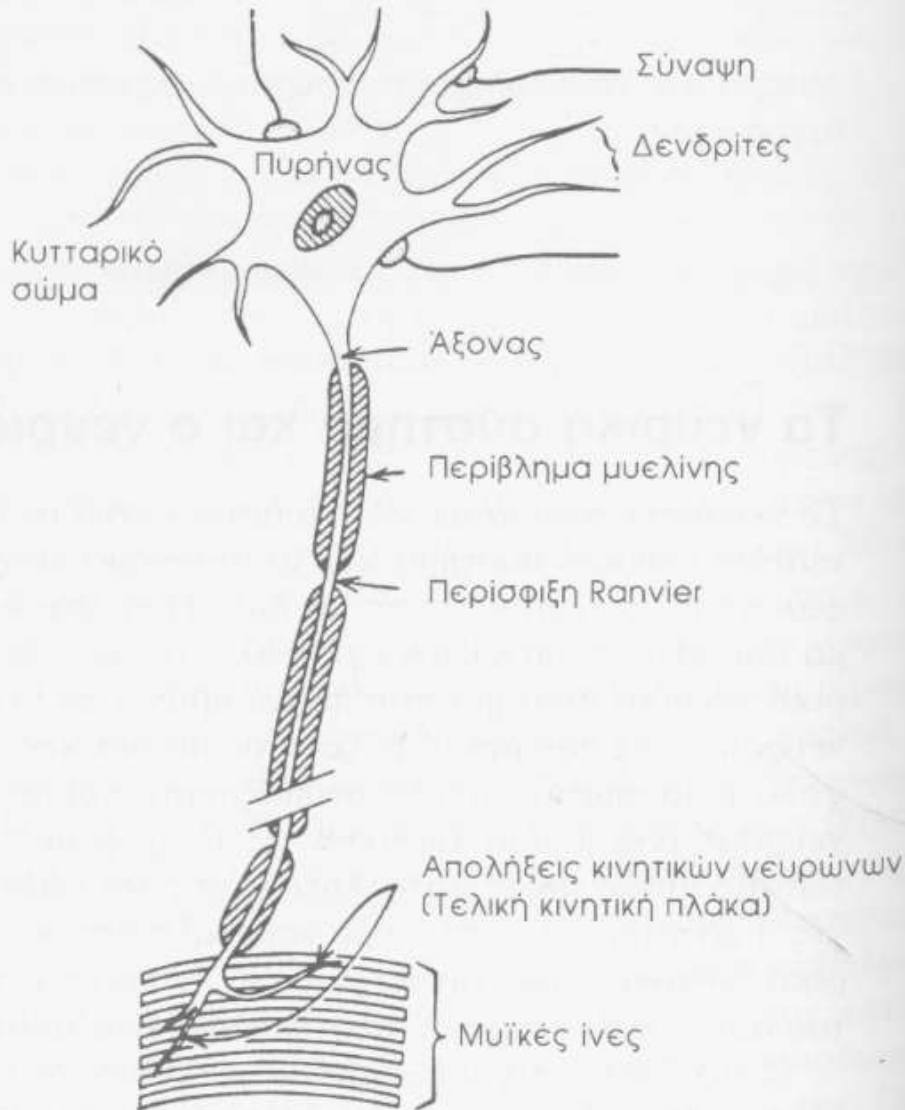
- Νεύρα
- Γάγγλια



■ Νευρικές ίνες

- **Αισθητικές:** πληροφορίες προς νωτιαίο μυελό, εγκέφαλο.
- **Κινητικές:** Από εγκέφαλο, νωτιαίο μυελό προς μυς, αδένες,...

Νευρώνας



- Λήψη, Ερμηνεία, Μεταφορά ηλεκτρικών παλμών.
- Δενδρίτες: λήψη ερεθισμάτων/σημάτων από άλλους νευρώνες.
- Συνάψεις: σημεία επαφής.
- Σώμα: Ολοκλήρωση.
- Άξονας (νευρική ίνα): Μετάδοση.
- Μετάδοση μόνο αν το ερέθισμα είναι έντονο αρκετά.
- ... → Συνάψεις → Δενδρίτες → Σώμα → Άξονας → Συνάψεις → Δενδρίτες → ...

Ηλεκτρικά Δυναμικά Νευρώνων

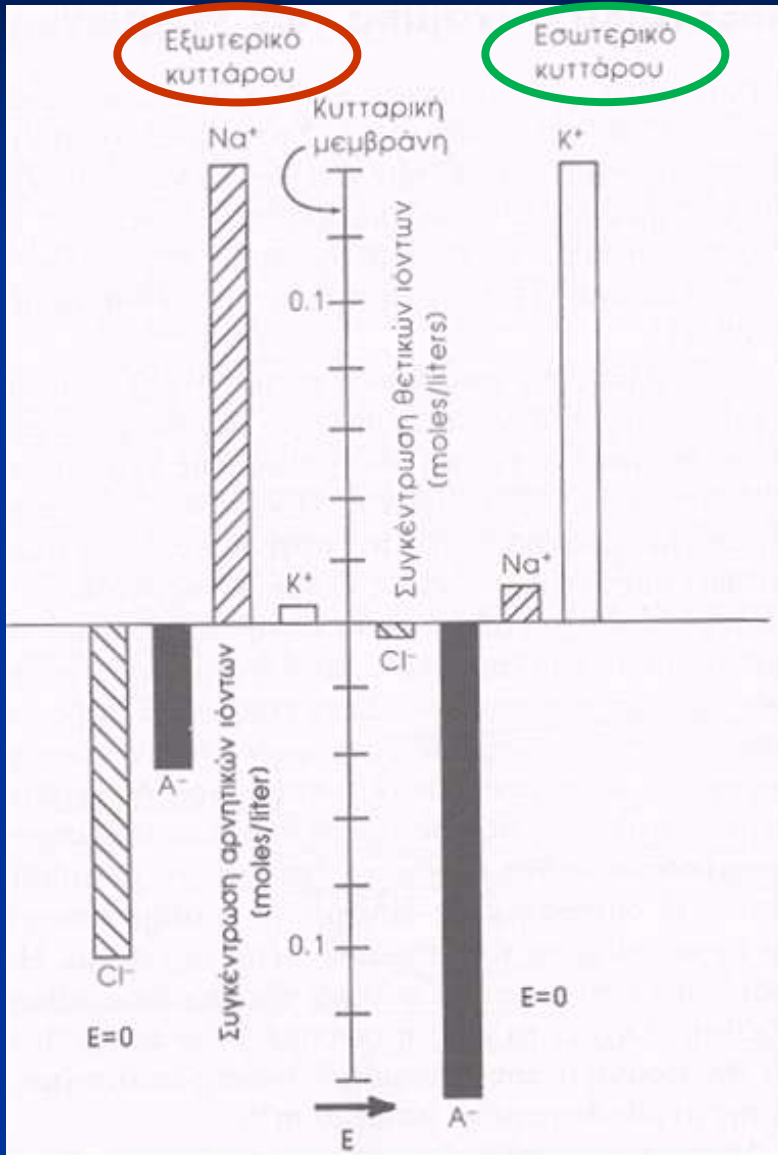
■ Δυναμικό Ηρεμίας

- Ο νευρώνας είναι αδρανής.
- Δεν σημαίνει ότι «ξεκουράζεται»! (κυτταρική αναπνοή, δημιουργία πρωτεϊνών, ...).

■ Δυναμικό Δράσης

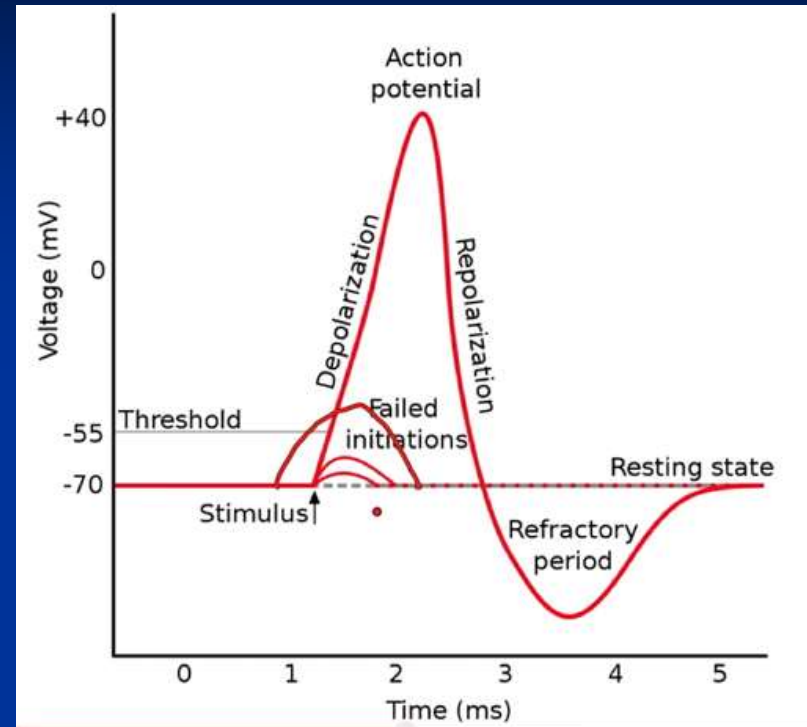
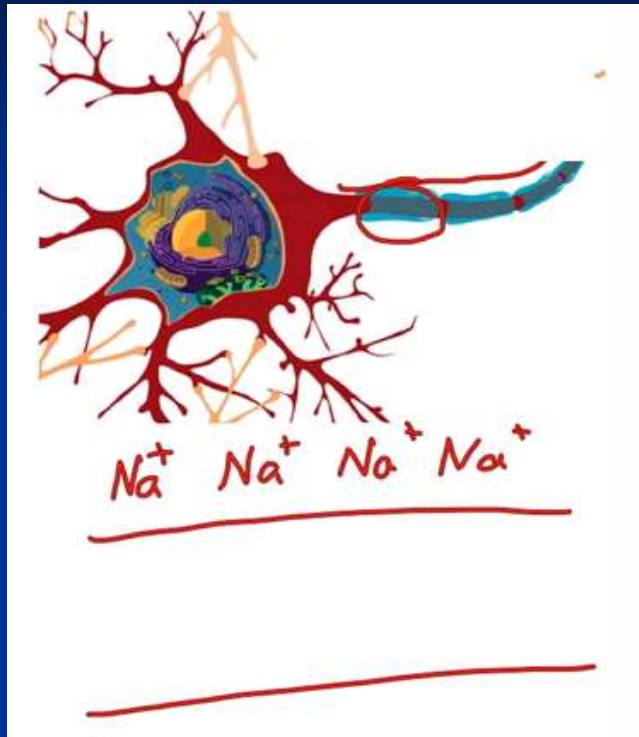
- Ο νευρώνας διεγείρεται από ερέθισμα (εσωτερικό/ εξωτερικό).

Δυναμικό Ηρεμίας



- Κατά μήκος επιφάνειας (ο νευρώνας είναι πολωμένος!):
 - $dV \approx -60$ έως -80 mV.
- Ανομοιόμορφη κατανομή ιόντων.
 - Εσωτερικό : ↑ Πρωτεϊνικά ανιόντα
 - Διαφορετική κατανομή K^+ , Na^+ ! → διαφορετική διαβάθμιση συγκέντρωσης → διάχυση.
 - Διευκολυνόμενη Μεταφορά (διάλυτοι διαρροής, λίγοι, $K^+ > Cl^- \gg Na^+$).
 - Ενεργητική Μεταφορά: Αντλίες K^+/Na^+ : $2 \rightarrow / \leftarrow 3$ (αντίθετα από το νόμο της διαφοράς συγκέντρωσης...απαιτείται ενέργεια, ATP).

Δυναμικό Δράσης: 1. ερέθισμα > κατώφλι



Action potential: Δυναμικό Δράσης

Threshold: Κατώφλι

Stimulus: Ερέθισμα

Depolarization: Εκπόλωση

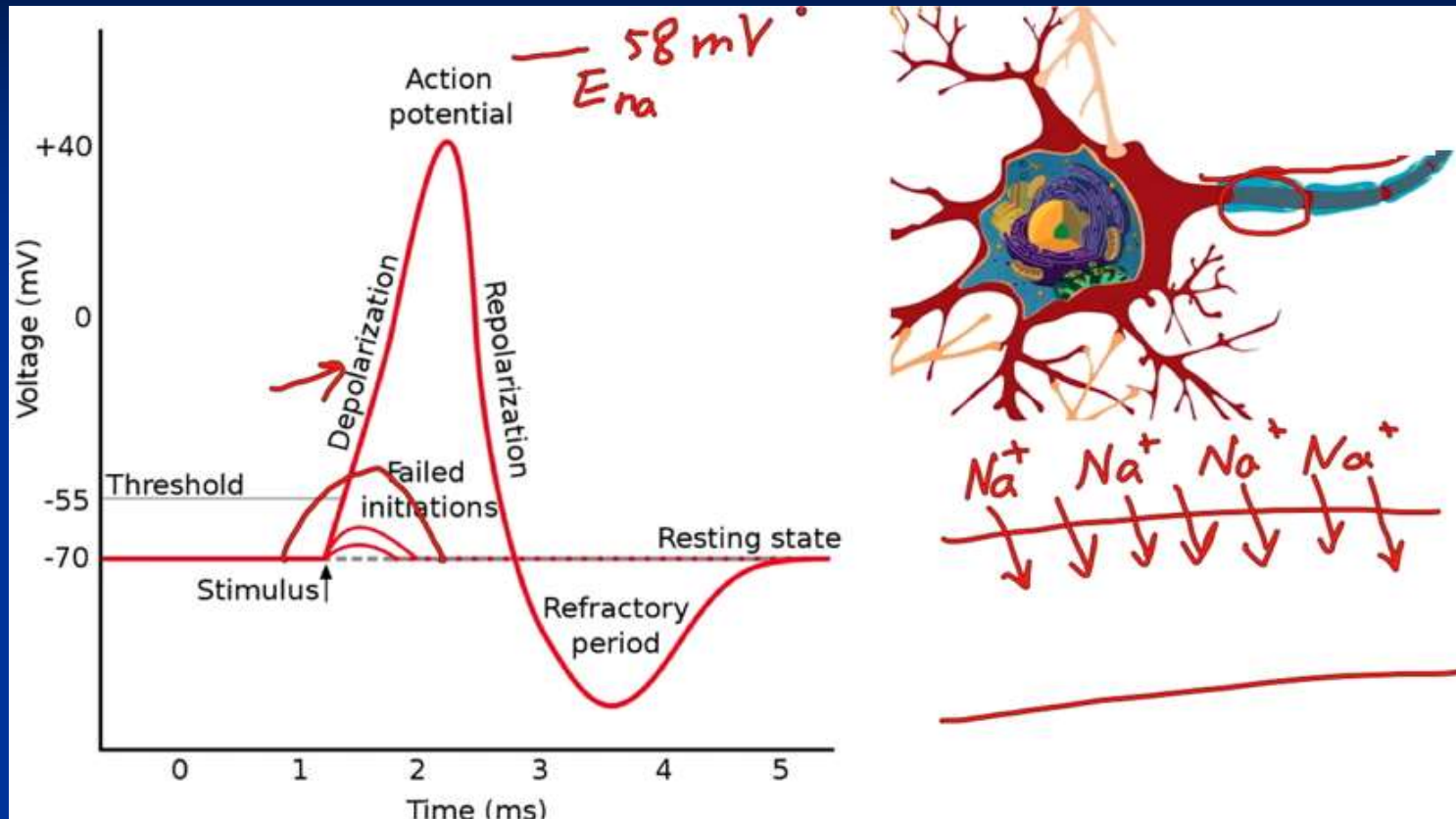
Repolarization: Επαναπόλωση

Failed initiation: Αποτυχημένη έναρξη

Refractory period: Περίοδος ανερεθιστότητας

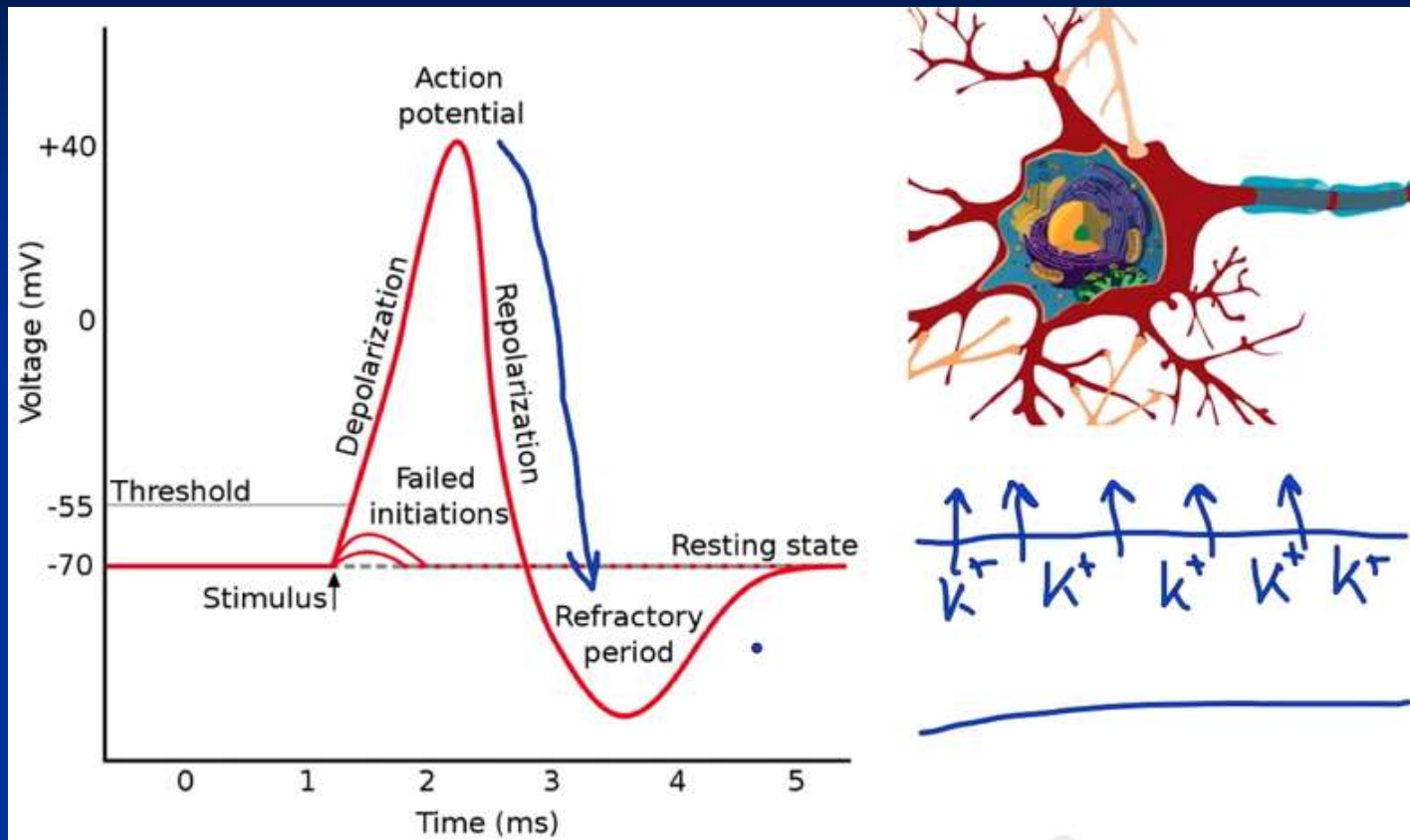
Resting rate: Περίοδος ηρεμίας

Δυναμικό Δράσης: 2. Εκπόλωση



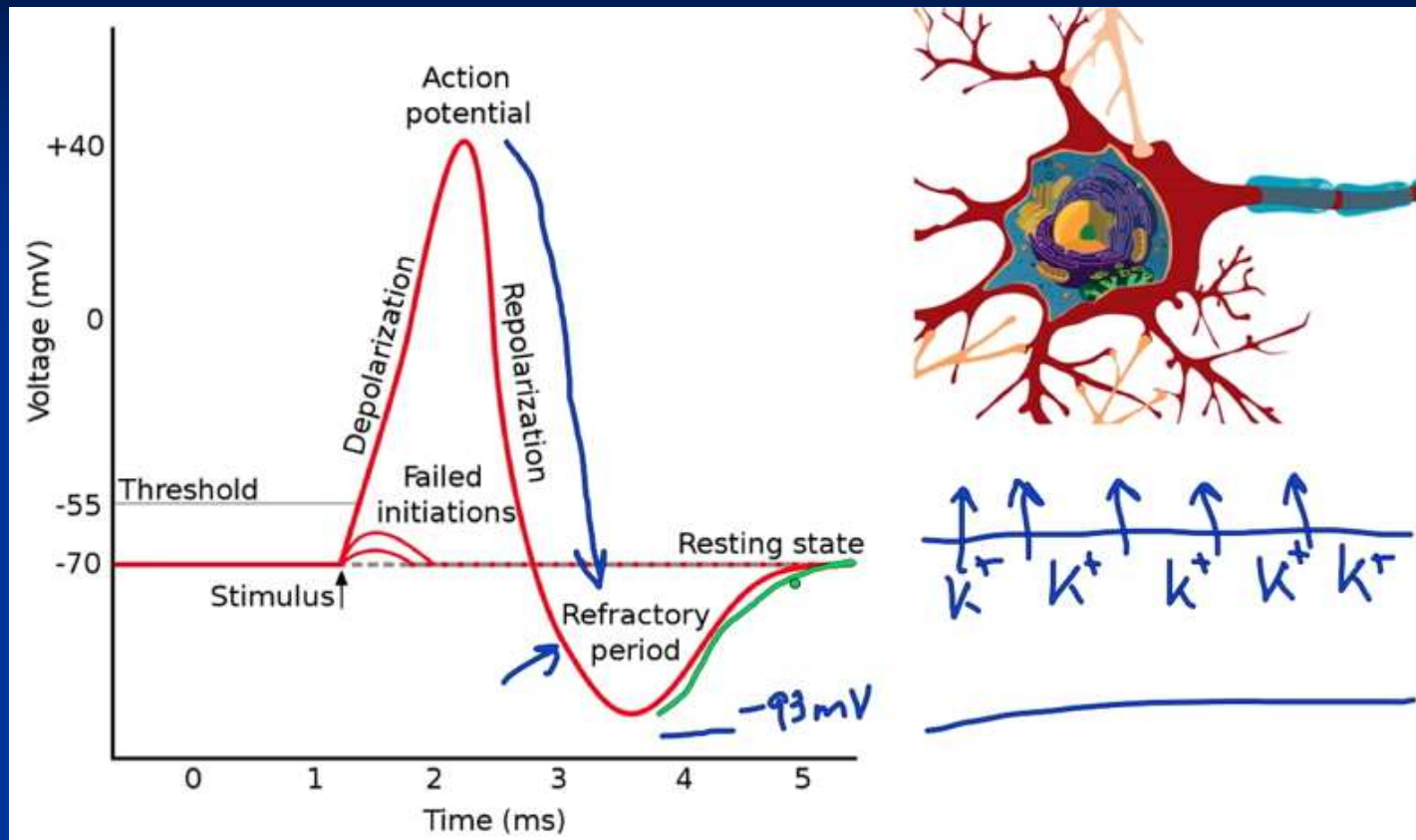
- Εισροή Na^+ (κατά μήκος διαβάθμισης συγκέντρωσης).
- Εσωτερικό: \uparrow συγκέντρωση Na^+ .
- Δίαυλοι (τάσο-ελεγχόμενοι) Na^+ ανοίγουν συνεχώς + γρήγορα εξαιτίας της νέας διαφοράς δυναμικού στη μεμβράνη (λόγω διέγερσης).

Δυναμικό Δράσης: 3. Επαναπόλωση



- Δίαυλοι Na^+ κλείνουν, και...
- Οι τάσο-ελεγχόμενοι διάυλοι K^+ ανοίγουν (έχουν αρκετή τάση τώρα...).
- Εκροή ιόντων K^+ (κατά μήκος διαβάθμισης συγκέντρωσης).
- Εξωτερικό: \uparrow συγκέντρωση K^+ .

Δυναμικό Δράσης: 4. Υπερπόλωση, Επαναφορά



- Δίαυλοι K^+ πρέπει να «πιάσουν» \approx δυναμικό ηρεμίας για να κλείσουν.
- Ανερεθιστότητα: Μembrάνη πολωμένη, αλλά K^+/Na^+ αντίθετα!

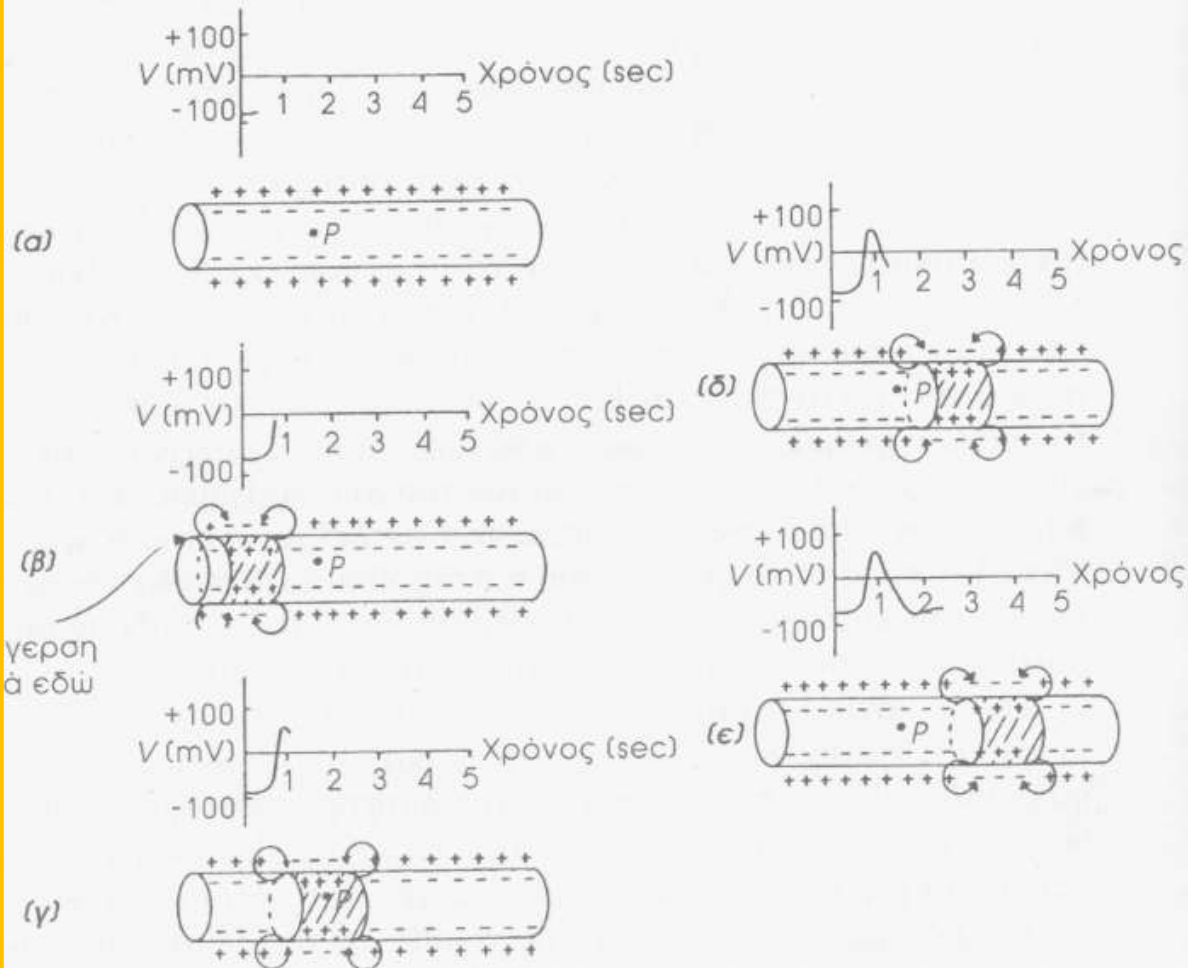
- Αντλίες K^+/Na^+ τα επαναφέρουν: $2\downarrow/3\uparrow$...απαιτείται ενέργεια! (ATP).
- Νευρώνας έτοιμος να ανταποκριθεί και πάλι.

Μετάδοση Νευρικού Παλμού

- Το φαινόμενο δεν είναι μόνο δυναμικό, εξελίσσεται κατά μήκος του άξονα.

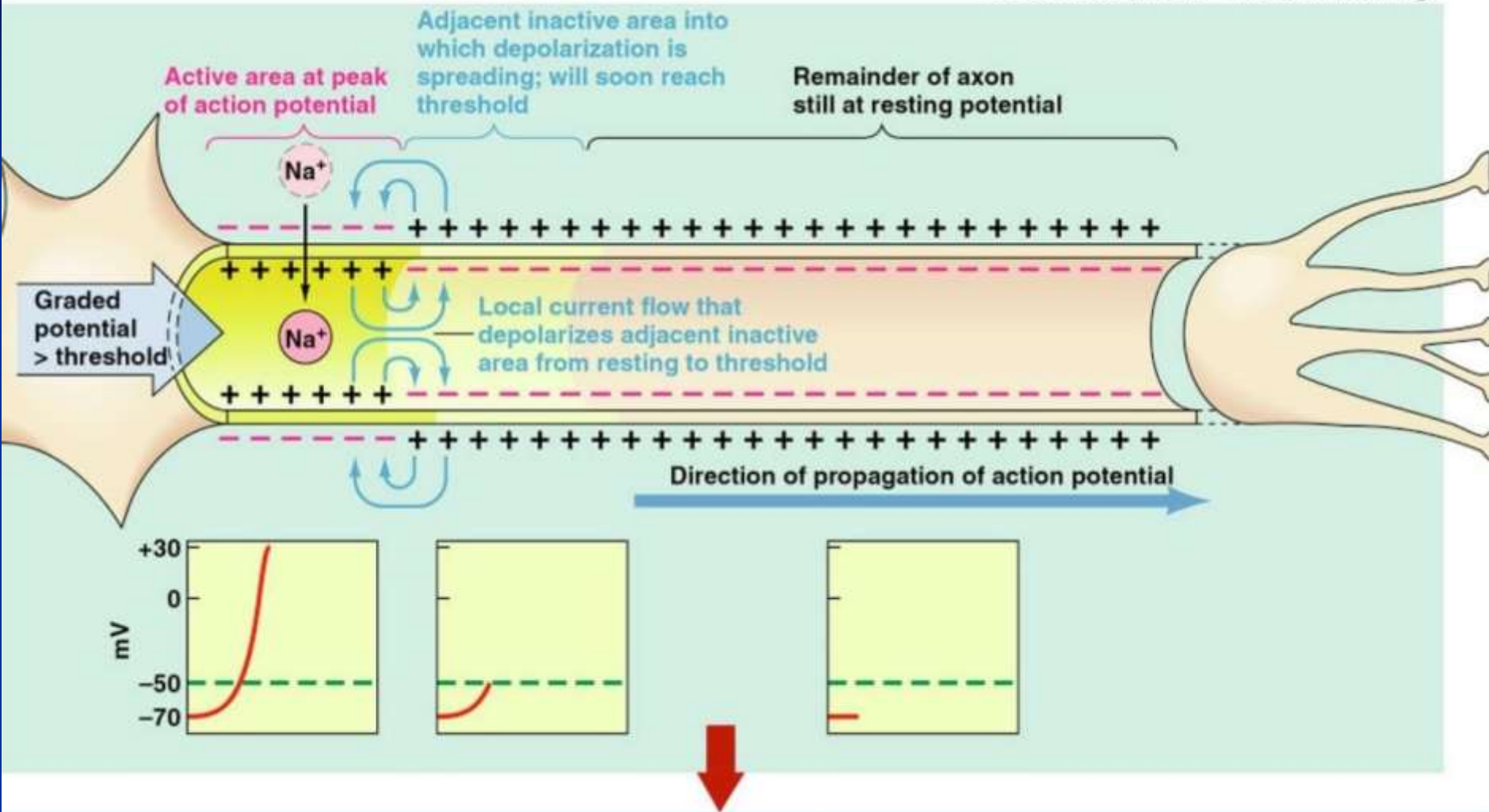
- Διέγερση \rightarrow εισροή Na^+ \rightarrow ειπόλωση μεμβράνης \rightarrow Η αναστροφή δυναμικού στη διεγερμένη περιοχή προκαλεί κίνηση ιόντων στην κατεύθυνση που δείχνουν τα βέλη (β), τα οποία με τη σειρά τους ειπολώνουν την δεξιά περιοχή (γ - ϵ).

- Εντωμεταξύ, το αρχικό σημείο ερεθισμού επαναπολώνεται (τα K^+ μετακινούνται έξω για την αποκατάσταση του δυναμικού ηρεμίας).

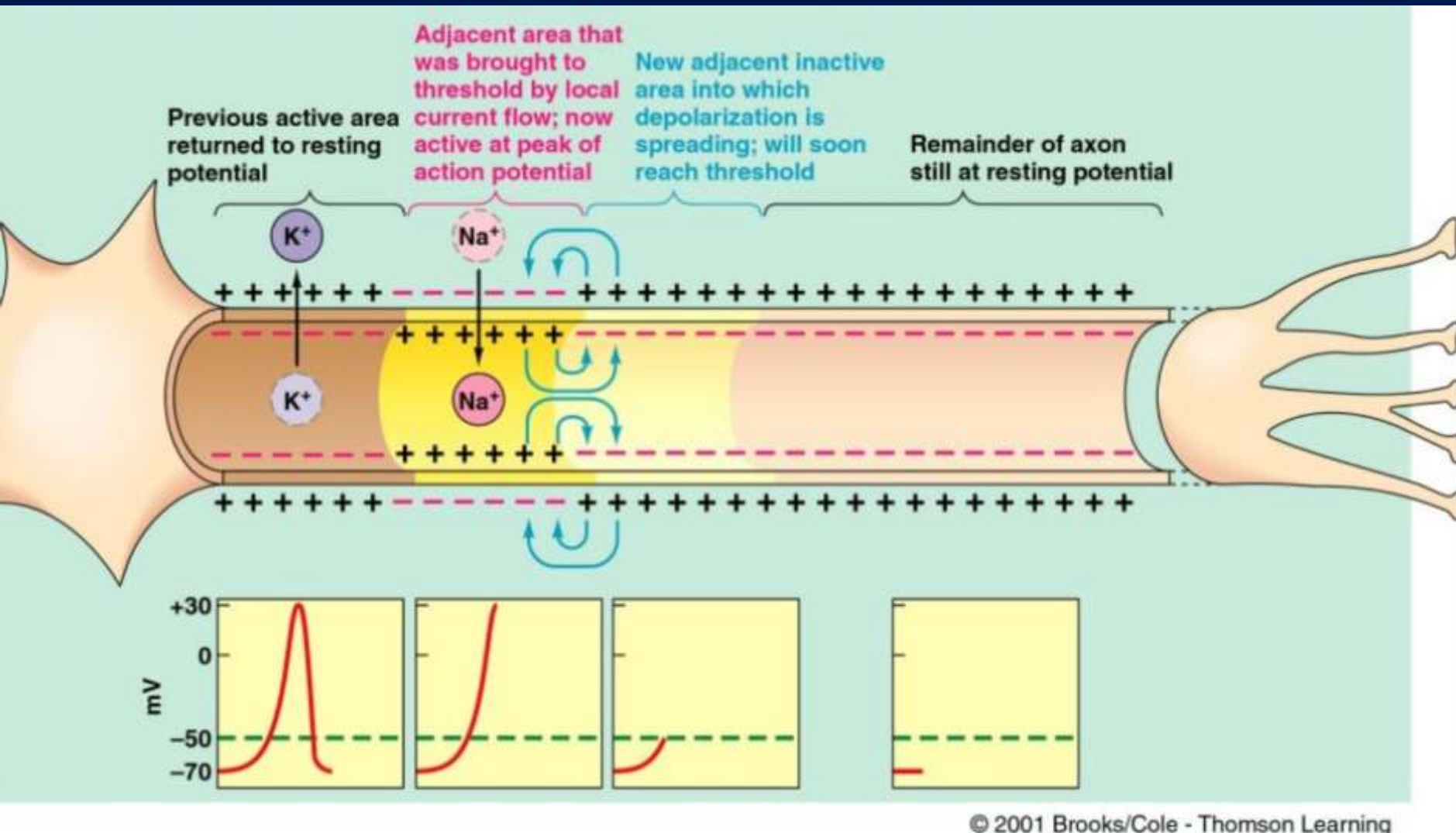


Νευροδιαβιβαστές

© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

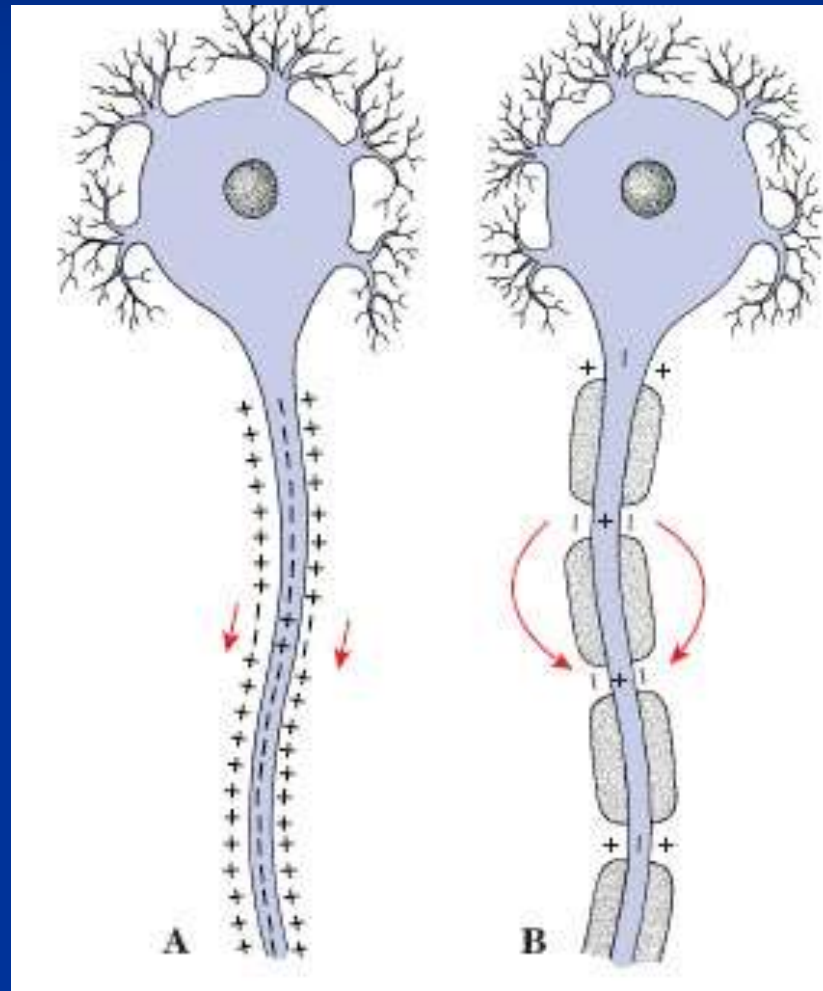


Νευροδιαβιβαστές

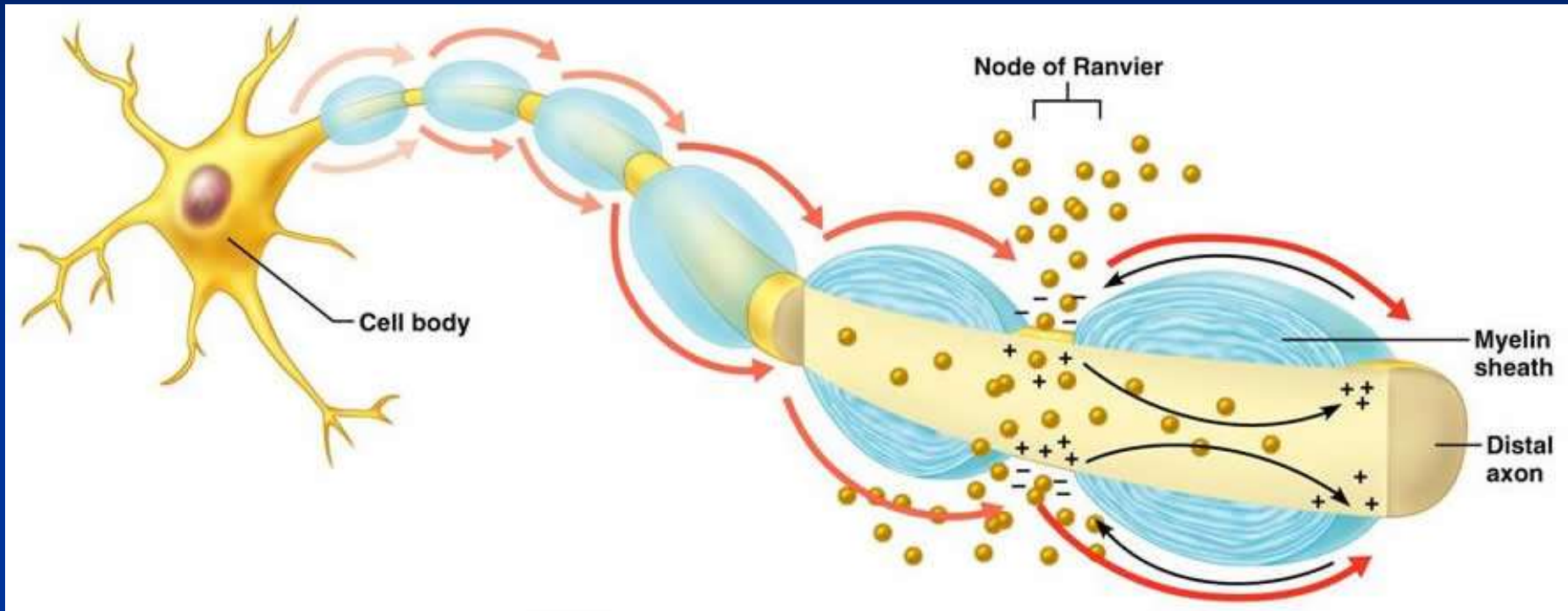


Μετάδοση παλμού (Αμύελες vs. Εμμύελες ίνες)

- Μυελίνη: λιπώδες μονωτικό στρώμα. Καλύπτει τις μεμβράνες μερισμών αξόνων.
- Περισφίξεις Ranvier: μη μονωμένα διαστήματα



Μετάδοση παλμού (Εμμύελες ίνες)



Μυελίνη: λιπώδες μονωτικό στρώμα. Καλύπτει τις μεμβράνες μερικών αξόνων.

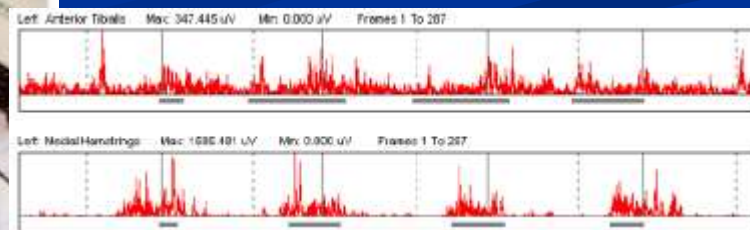
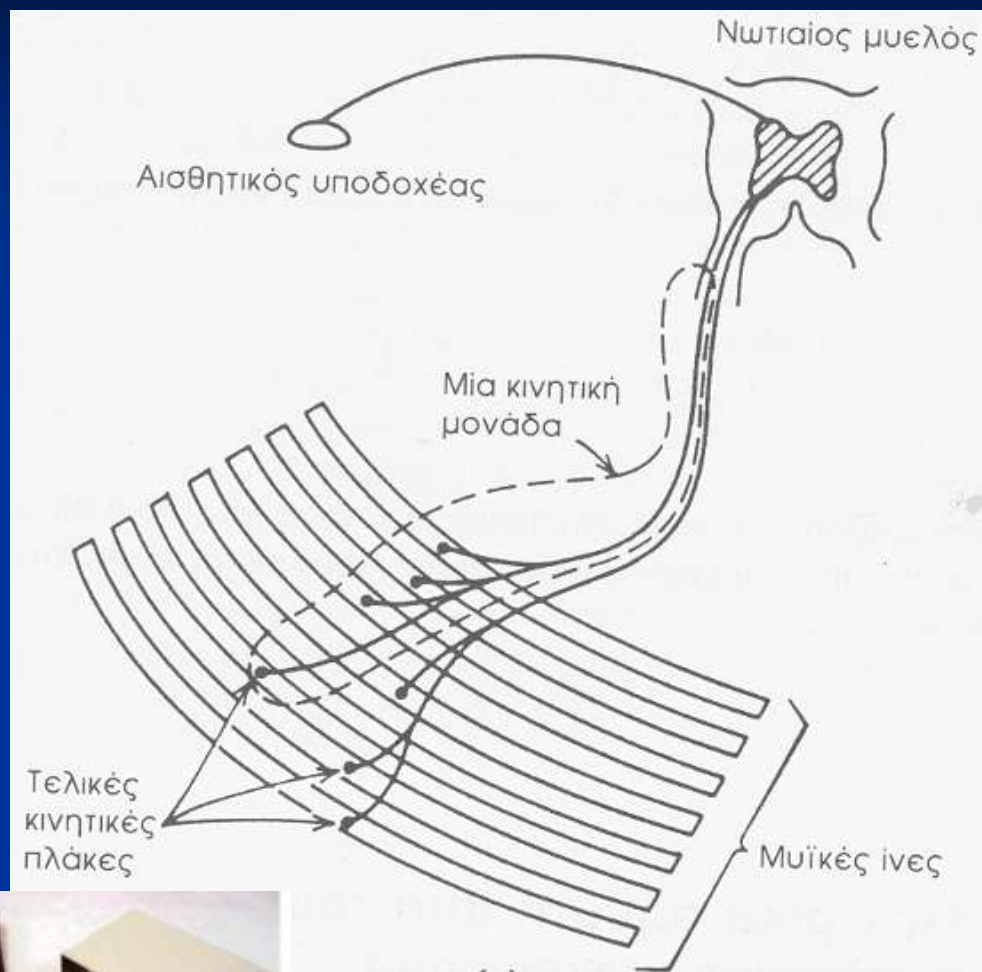
Περισφιξεις Ranvier: μη μονωμένα διαστήματα

ΗλεκτροΜυοΓραφημα (ΗΜΓ)

Νευρώνας και Μυϊνά Κύτταρα

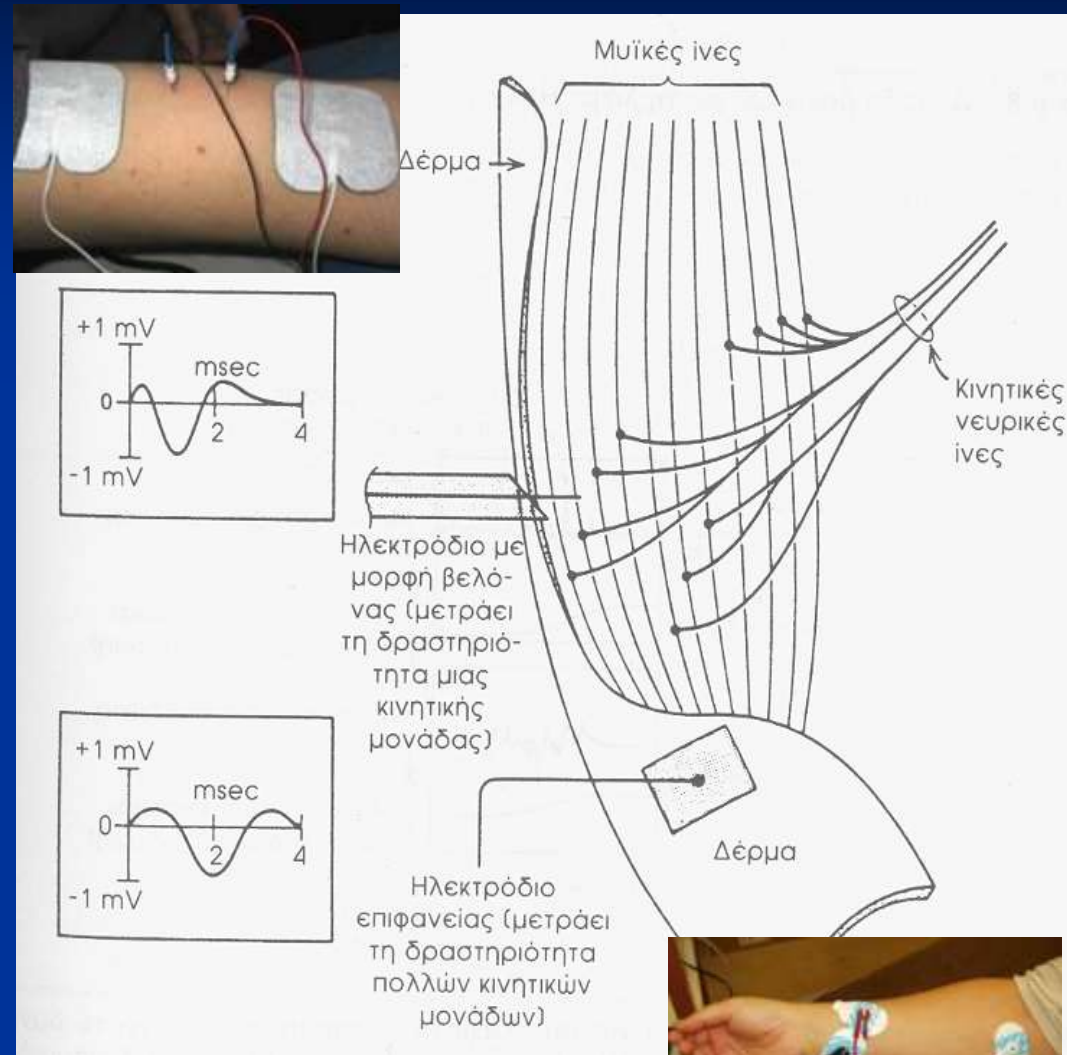
ΗΜΓ: καταγραφή μεταβολής δυναμικών στους μύες κατά τη συστολή τους.

- 1 μύς: πολλές κινητικές μονάδες (κ.μ.).
- 1 κ.μ.: νευρώνας (από εγκέφαλο/νωτ. μυελό) & μυϊκές ίνες.
- Σύνδεση στις ΤΚΠ.
- Το δυναμικό δράσης μεταφέρεται στις ΤΚΠ ⇒ συστολή μυών.



Ηλεκτρομυογράφημα - Καταγραφή

- Διαφορά δυναμικού που μετράται μεταξύ δύο σημείων με διπολικό ηλεκτρόδιο.
- Ηλεκτρόδιο βελόνας (ενδομυϊκά, 1 κ.μ.).
- Ηλεκτρόδιο επιφάνειας (πολλές κ.μ., τα πιο κοινά, λιγότερο επεμβατικά).
- Τοποθέτηση ηλεκτροδίων
 - Πάνω από τον μυ που εξετάζεται στην κύρια κατεύθυνση των μυϊκών ινών.
 - Ο ασθενής γειώνεται με την τοποθέτηση ενός ηλεκτροδίου σε μία ανενεργή περιοχή του σώματος.

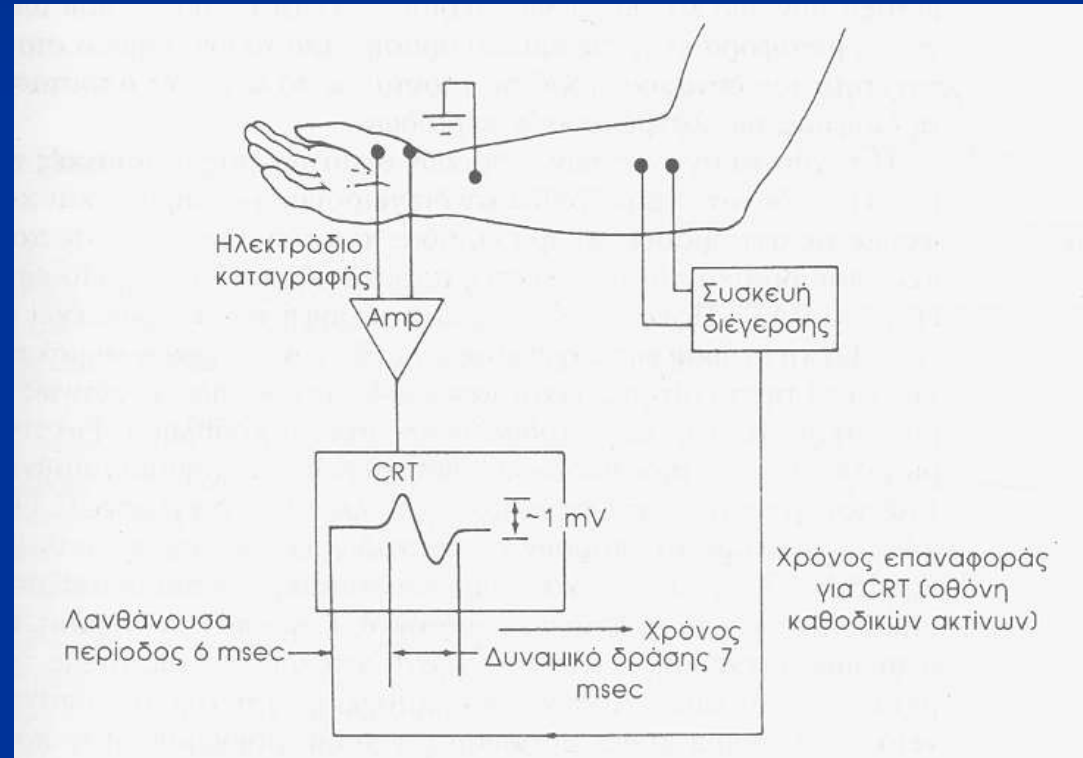


Ηλεκτρομυογράφημα – Διέγερση κ.μ.

- Το ΗΜΓ μπορεί επίσης να ληφθεί από μυς/κ.μ. που διεγείρονται ηλεκτρικά.
 - Προτιμάται απ' την ειούσια σύσπαση ($\Delta t \sim 100$ ms, οι κ.μ. δεν διεγείρονται ταυτόχρονα).

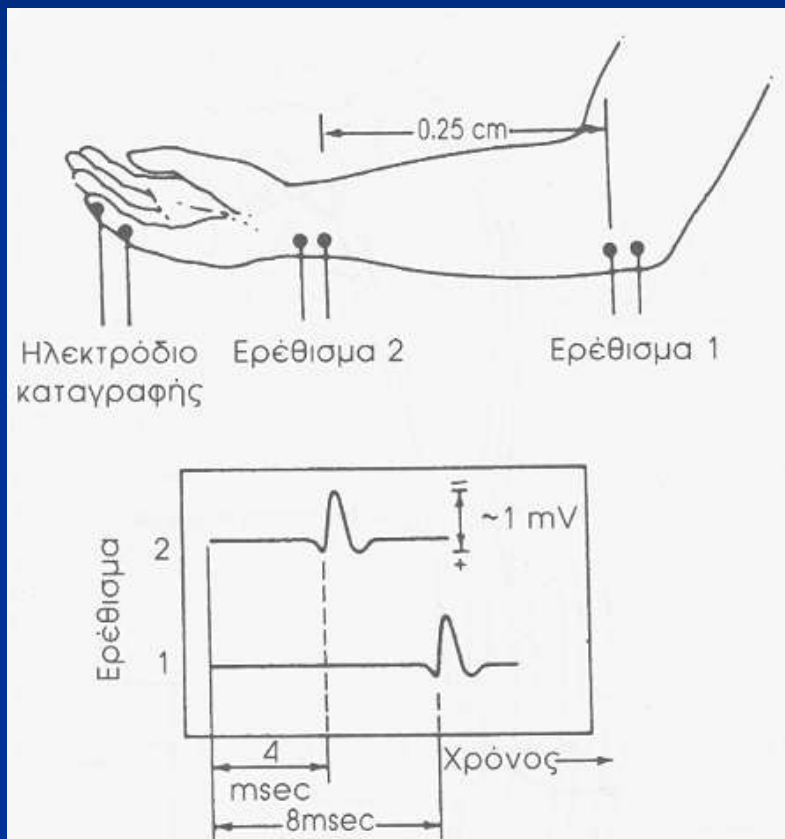
Ηλ. Διέγερση

- Οι κ.μ. διεγείρονται σχεδόν ταυτόχρονα.
- Παλμός ερεθισμού: 0.1-0.5 ms, 100mV.
- Μεσολαβεί *Λανθάνουσα Περίοδος* (ερέθισμα - αντίδραση).

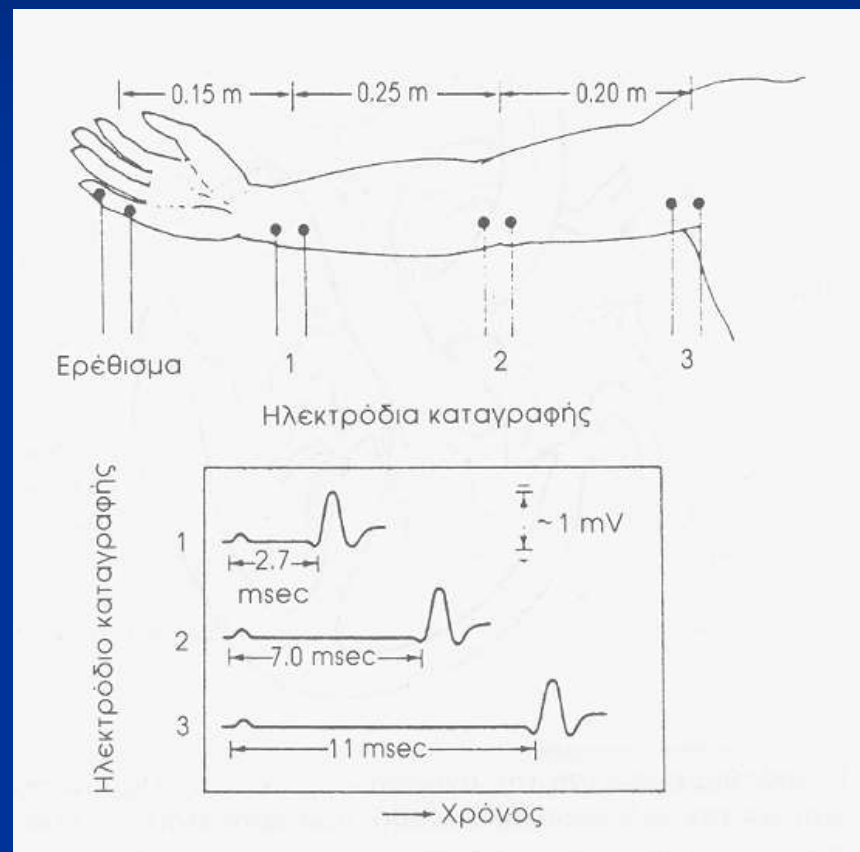


Ταχύτητες διάδοσης νευρικού σήματος

- Ταχύτητα διάδοσης σήματος στη **κινητική ίνα**.



- Ταχύτητα αγωγής στην **αισθητική ίνα** (καταγράφουμε αντίδραση).



Τυπικές τιμές v : 40-60 m/s. Πρόβλημα για $v < 10$ m/s (βλάβη των νεύρων προκαλεί μείωση της ταχύτητας αγωγής των νευρικών σημάτων).

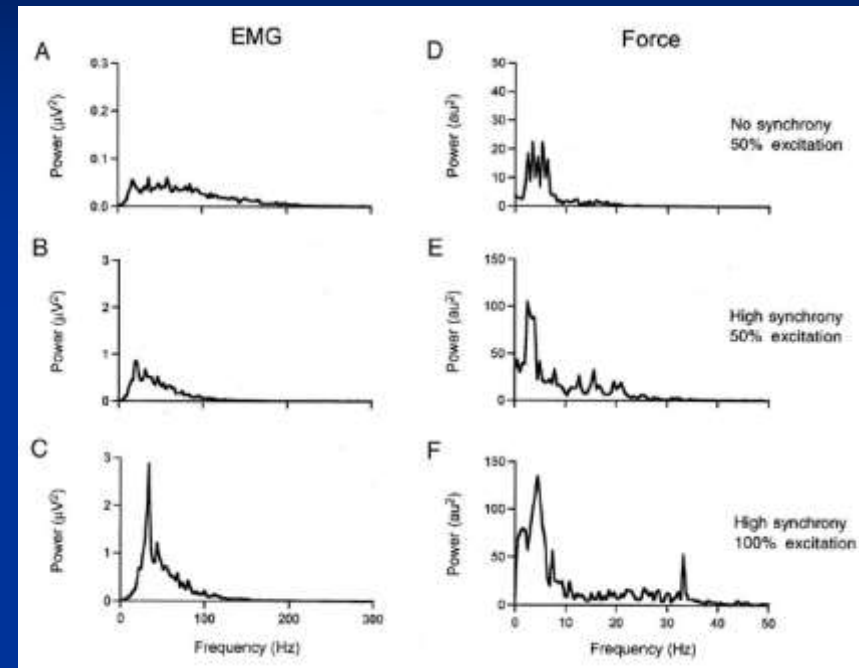
Ηλεκτρομυογράφημα – εφαρμογές

■ Πληροφορίες από το ΗΜΓ

- Χρονική εξέλιξη της σύσπαση των μυών.
- Δύναμη κατά τη συστολή...παράδειγμα →
- Συντονισμό διαφόρων μυών σε μια ακολουθία κίνησης.

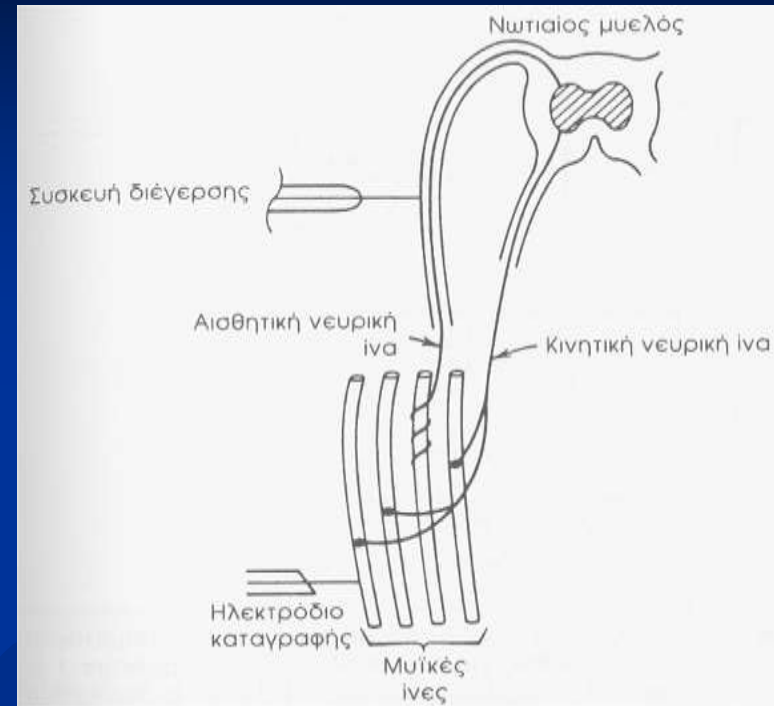
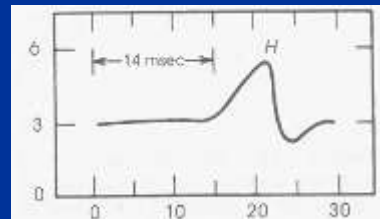
■ Εφαρμογές

- Διάγνωση παθήσεων μυών.
- Αποκατάσταση (*Rehabilitation*).
- Λειτουργική ανάλυση (π.χ. *functional characteristics of EMG for a quick movement of the hand, frequency spectrum vs. angular velocity, etc.*).
- Ενεργά προσθετικά (*myoelectric Prosthetic Arm, which uses the EMG signals from the patient and controls movement of the prosthetic arm*).
- Εμβιομηχανική, Αθλητιατρική.

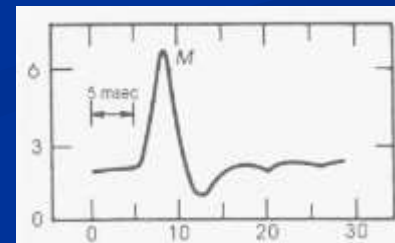
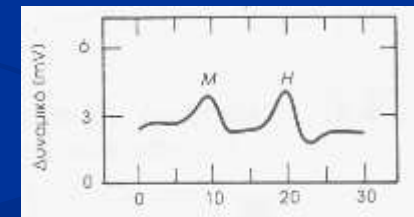


Ηλ. διέγερση αισθητικών - κινητικών ινών

- Τα περισσότερα περιφερικά νεύρα περιέχουν **αισθητικές και κινητικές ίνες**, άρα το ερέθισμα προκαλεί διέγερση και των δύο ομάδων.
- **Ασθενές ερέθισμα** → αισθητική αντίδραση **H** (ανταναικλαστική) στο μυ. Διεγείρονται μερικές αισθητικές, όχι όμως οι κινητικές (όχι αντίδραση **M**).



- **Αύξηση έντασης ερεθίσματος** → διέγερση αισθητικών + κινητικών νευρικών ινών: Απόκριση κινητικής ίνας (**M**) + αισθητική αντίδραση (**H**) στο μυ (ανταναικλαστική).
- Σε πολύ ισχυρά ερεθίσματα μόνο **M**.



Ηλεκτρομυογράφημα – Ανταναικλαστικά

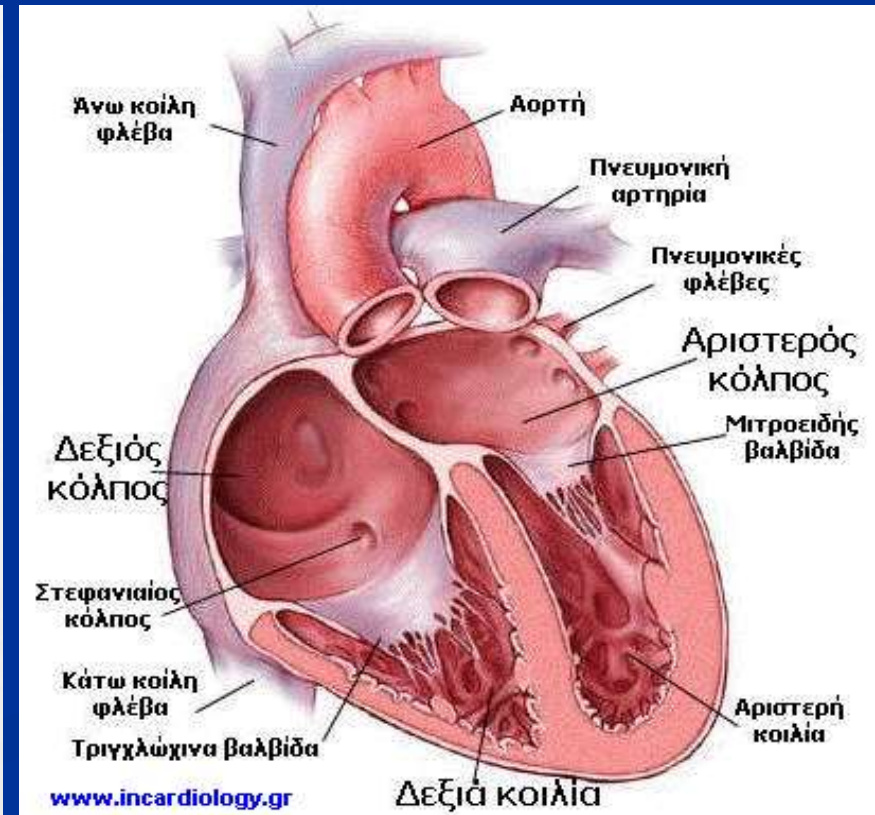
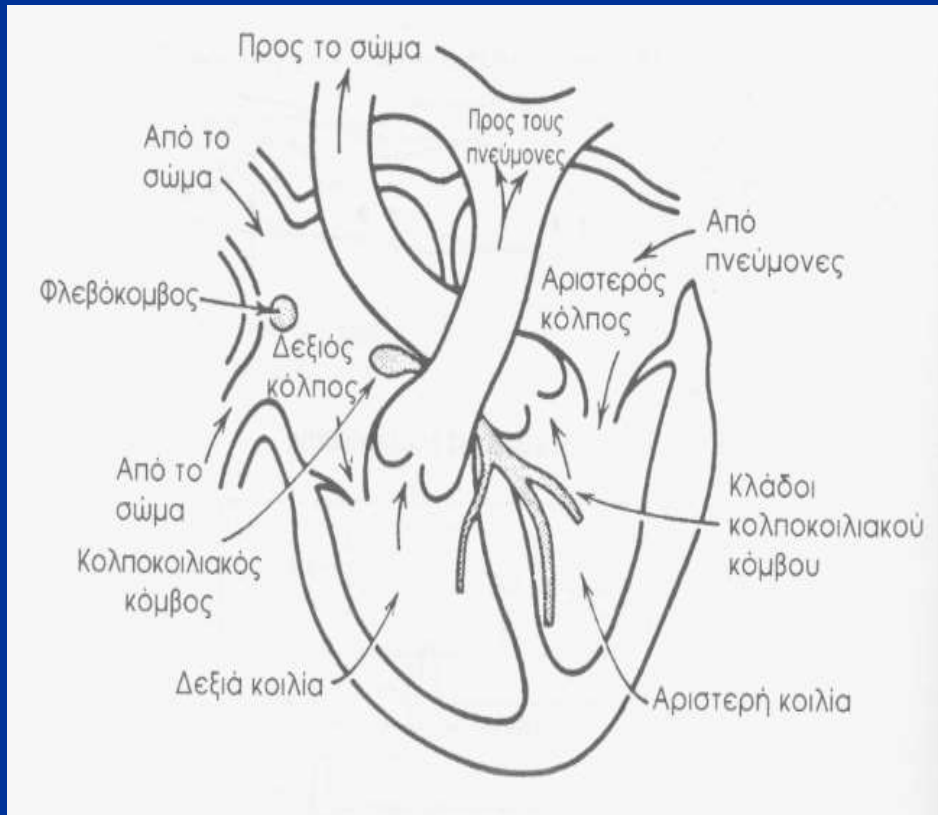
- **Ανταναικλαστικά:** Μορφές αισθητήριας επεξεργασίας που λαμβάνουν χώρα στο νωτιαίο μυελό ⇒ υπεύθυνος για ορισμένες συμπεριφορές χωρίς οδηγίες από τον εγκέφαλο.
- Οι πληροφορίες για το ανταναικλαστικό «ανεβαίνουν» στον εγκεφαλικό φλοιό αλλά η ανταναικλαστική αντίδραση ολοκληρώνεται χωρίς να χρειάζονται οδηγίες απ'τον εγκέφαλο!
- Καθώς το σφυράκι χτυπάει το γόνατο (επιγονατιδικός τένοντας), ο τετρακέφαλος μυς ανιχνεύει αυτή την τάση και στη συνέχεια ο μυς προκαλεί διέγερση της αισθητικής ίνας,...



ΗλεκτροΚαρδιοΓραφημα (ΗΚΓ)

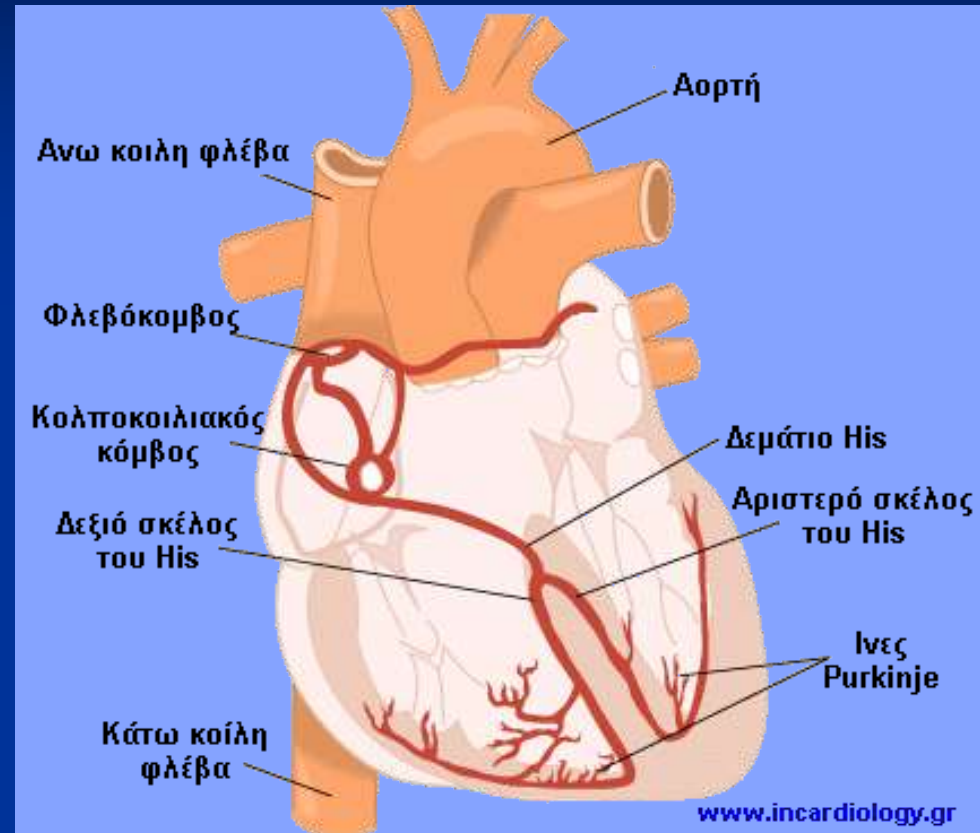
Καρδιακός Κύκλος

- **Δεξ. κόλπος:** δέχεται φλεβικό αίμα από ά/κ κοίλη φλέβα + στεφανιαίο κόλπο.
- **Δεξ. κοιλία:** εξωθεί αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία.
- **Αρ. κόλπος:** δέχεται οξυγονωμένο αίμα από πνευμονικές φλέβες.
- **Αρ. κοιλία:** εξωθεί αίμα στη συστηματική κυκλοφορία (μέσω αορτής).



Το ερεθισματαγωγό σύστημα της καρδιάς

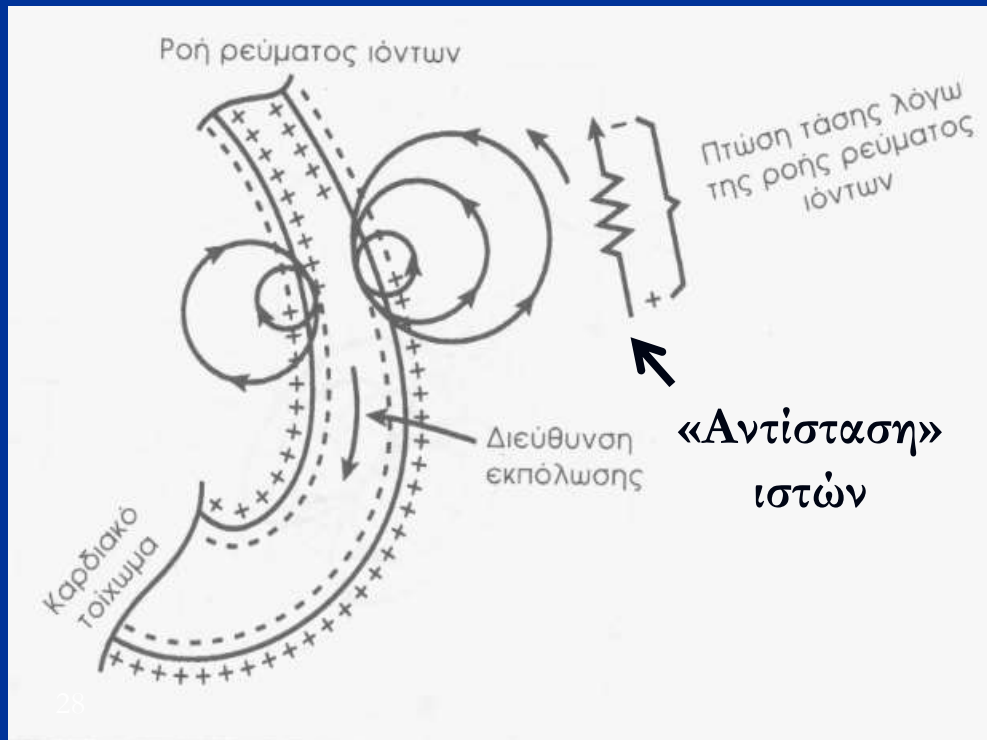
- Η καρδιά χαρακτηρίζεται από την ικανότητα να συστέλλεται χωρίς εξωτερικό ερέθισμα, που να προέρχεται από άλλα όργανα, χάρη στην ύπαρξη ειδικού ηλεκτρικού συστήματος (ερεθισματαγωγό σύστημα της καρδιάς).
- Το ερέθισμα παράγεται στο φλεβόκομβο → **κόλποι** (σύσπαση) → κολποκοιλιακό κόμβο → διάχυση στις κοιλίες: δεμάτιο His (διακλάδωση) → Ύνες Purkinje → **συστολή κοιλιών**.



ΗΚΓ – κύμα εμπόλωσης

«Πολύπλευρη» επιφανειακή καταγραφή (μέσω ηλεκτροδίων) των ηλεκτρικών δυναμικών που παράγονται κατά την επέκταση του κύματος διέγερσης στον καρδιακό μυ.

- **Κύμα διέγερσης** (κινείται προς το κάτω μέρος του καρδιακού τοιχώματος) δημιουργεί ρεύματα ιόντων.
- Το δυναμικό οφείλεται στη ροή ρεύματος στην αντίσταση των ιστών.



Το κύμα διέγερσης προκαλεί την αλληλουχία:

Φλεβόκομβος = βηματοδότης:
εμπόλωση κόλπων → κολπική συστολή → άντληση αίματος στις κοιλίες

Ακολουθεί επαναπόλωση κόλπων → διέλευση του σήματος στον κολποκοιλιακό κόμβο → εμπόλωση κοιλιών → κοιλιακή συστολή → διοχέτευση αίματος στους πνεύμονες (δι) και στη γενική κυκλοφορία (αι).

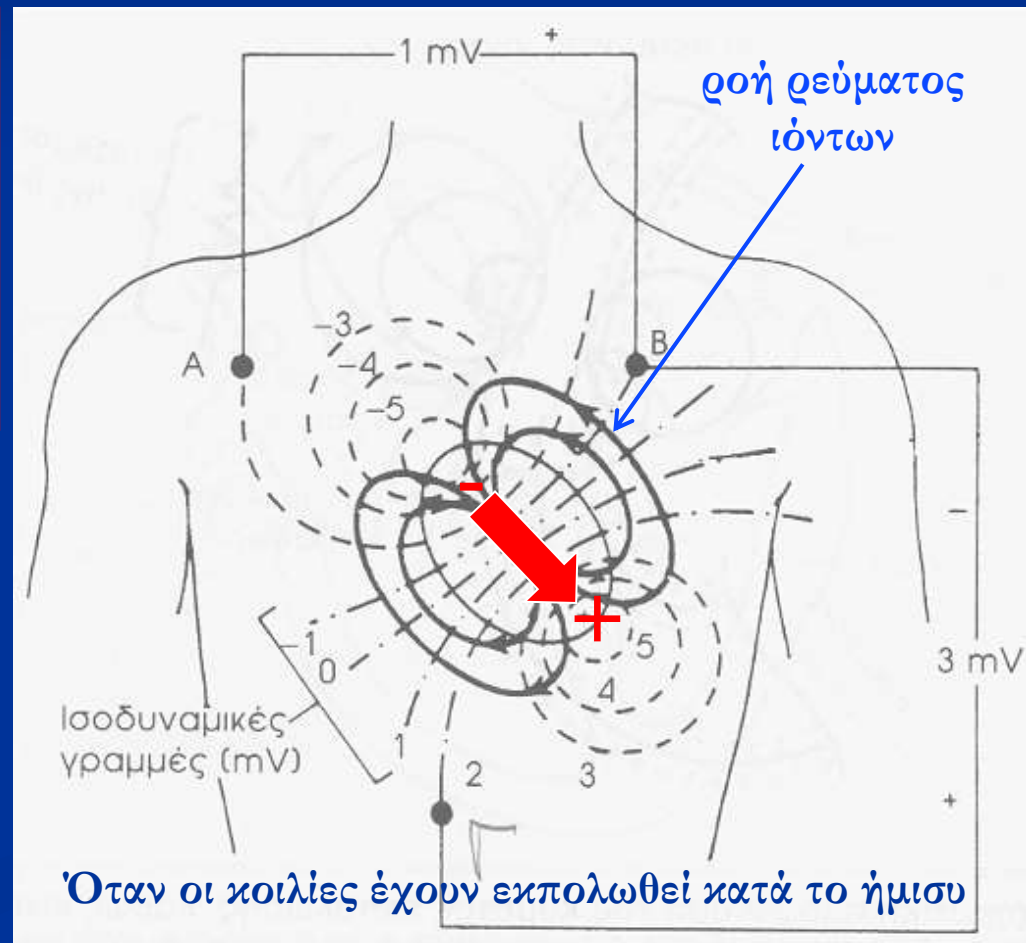
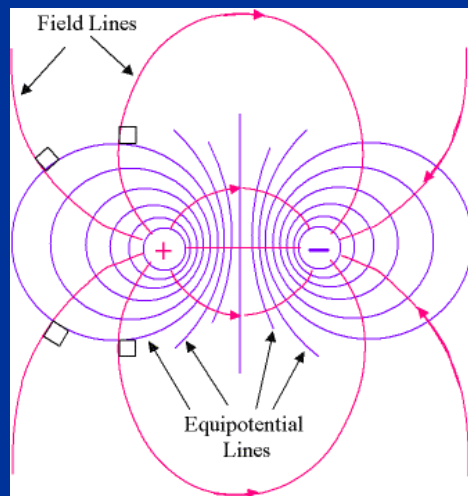
Ηλεκτρικό Δίπολο - Ισοδυναμικές Γραμμές στην Επιφάνεια

- Άρα λοιπόν: εκπόλωση καρδιάς → ρεύματα ιόντων στον ιστό → δυναμικό στην επιφάνεια του θώρακα...Ισοδυναμικές γραμμές αντίστοιχες με **ηλεκτρικού διπόλου!**

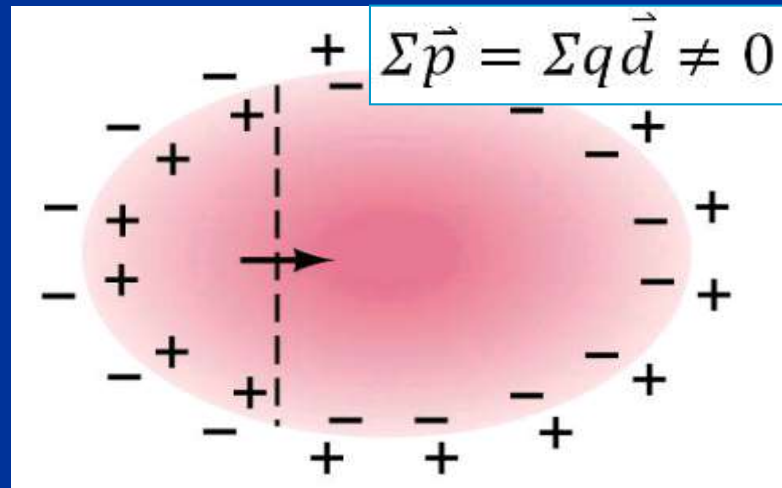
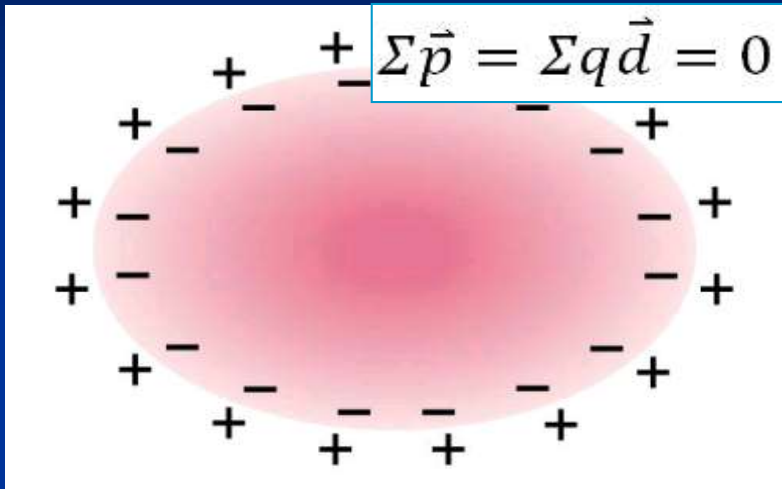
- Μεταβολή δυναμικού (ρεύμα ιόντων)
 - Μεταβολή **μεγέθους + προσανατολισμού** διπόλου σε 'κίνηση'



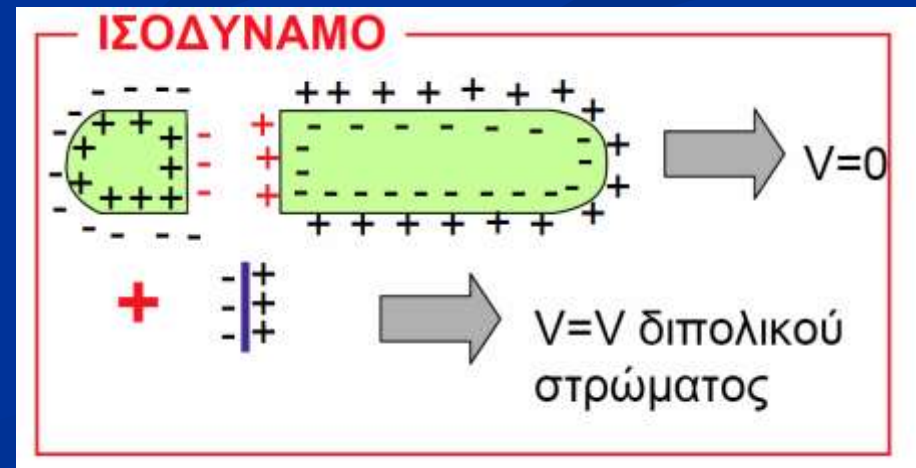
Προβολή διανύσματος σε διαφορετικούς άξονες (απαγωγές)



Ηλεκτρική διπολική ροπή – κύτταρο καρδιακού μυ



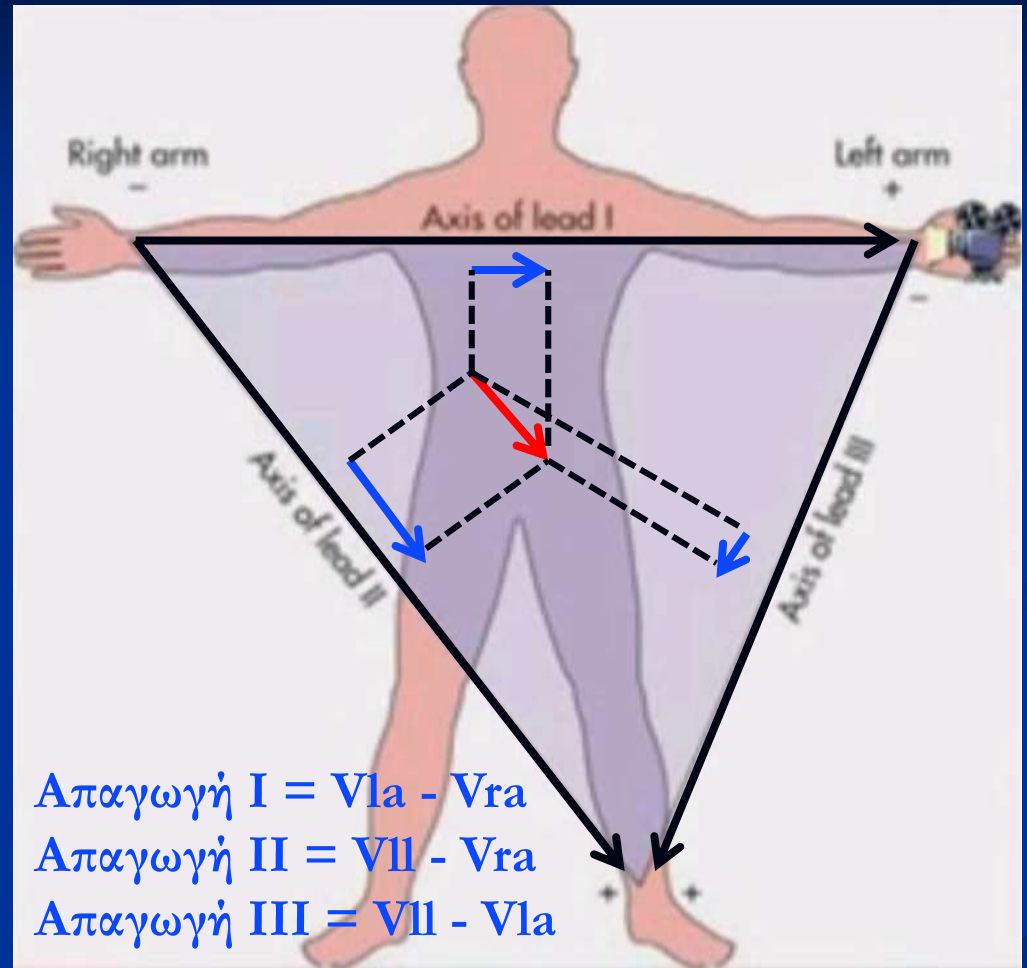
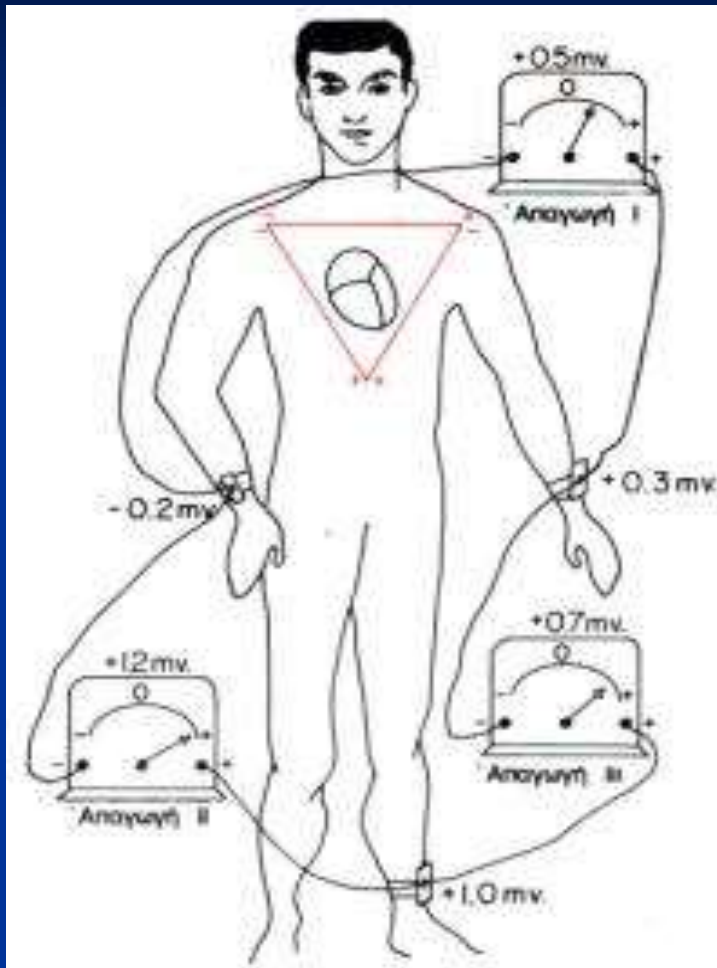
- Καθώς κινείται το σημείο της επόλωσης αλλάζει το δυναμικό σε σημείο εκτός του κυττάρου.
- Περιοδική κίνηση των μυών της καρδιάς = περιοδική μεταβολή του δυναμικού.



ΗΚΤ – Ηλεκτροόδια - Απαγωγές

- 12 απαγωγές
 - 6 απαγωγές μετρούν προβολές στο μετωπιαίο επίπεδο:
 - 3 διπολικές (κλασσικές, των άκρων): I, II, III.
 - 3 ενισχυμένες: aVr, aVl, aVf (μονοπολικές, χωρίς επιπλέον ηλεκτροόδια).
 - 6 θωρακικές απαγωγές (μονοπολικές) που μετρούν προβολές στο εγνάρσιο (V1,...V6).

Κλασικές Απαγωγές – Τρίγωνο Einthoven



- **Απαγωγές:** Η ΔV μεταξύ των διαφόρων συνδυασμών ηλεκτροδίων.
- Η διάταξη απαγωγών σχηματίζει **τρίγωνο**, με την καρδιά στο κέντρο (Kirchoff: $V_I + V_{III} = V_{II}$).

ΗΚΤ - Καταγραφή

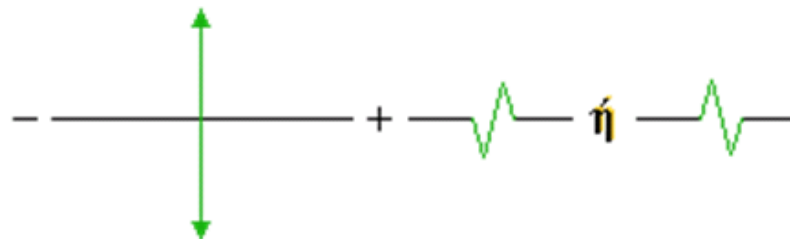
1. Όταν το κύμα εκπόλωσης οδεύει από το αρνητικό προς το θετικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου, η γραφίδα κινείται προς τα πάνω και καταγράφει θετική απόκλιση.



2. Όταν το κύμα της εκπόλωσης οδεύει από το θετικό προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο, η κίνηση της γραφίδας είναι προς τα κάτω.

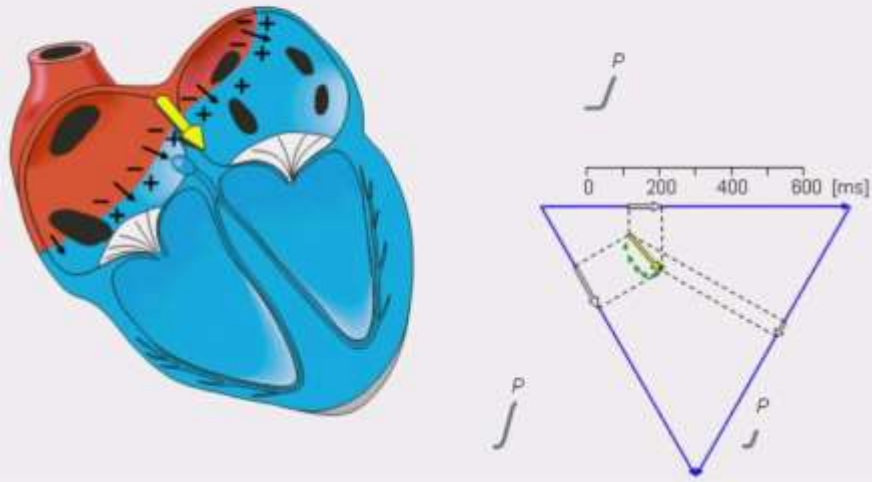


3. Όταν το κύμα εκπόλωσης επεκτείνεται κάθετα προς μια απαγωγή θα καταγραφεί διφασική απόκλιση.

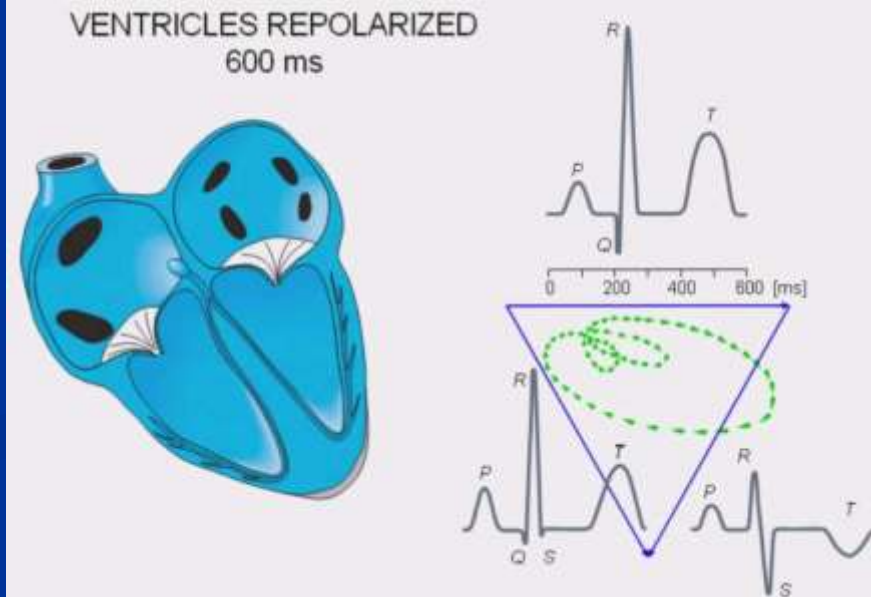


Κίνηση κύματος επιπόλωσης – καταγραφή ΕΚΓ

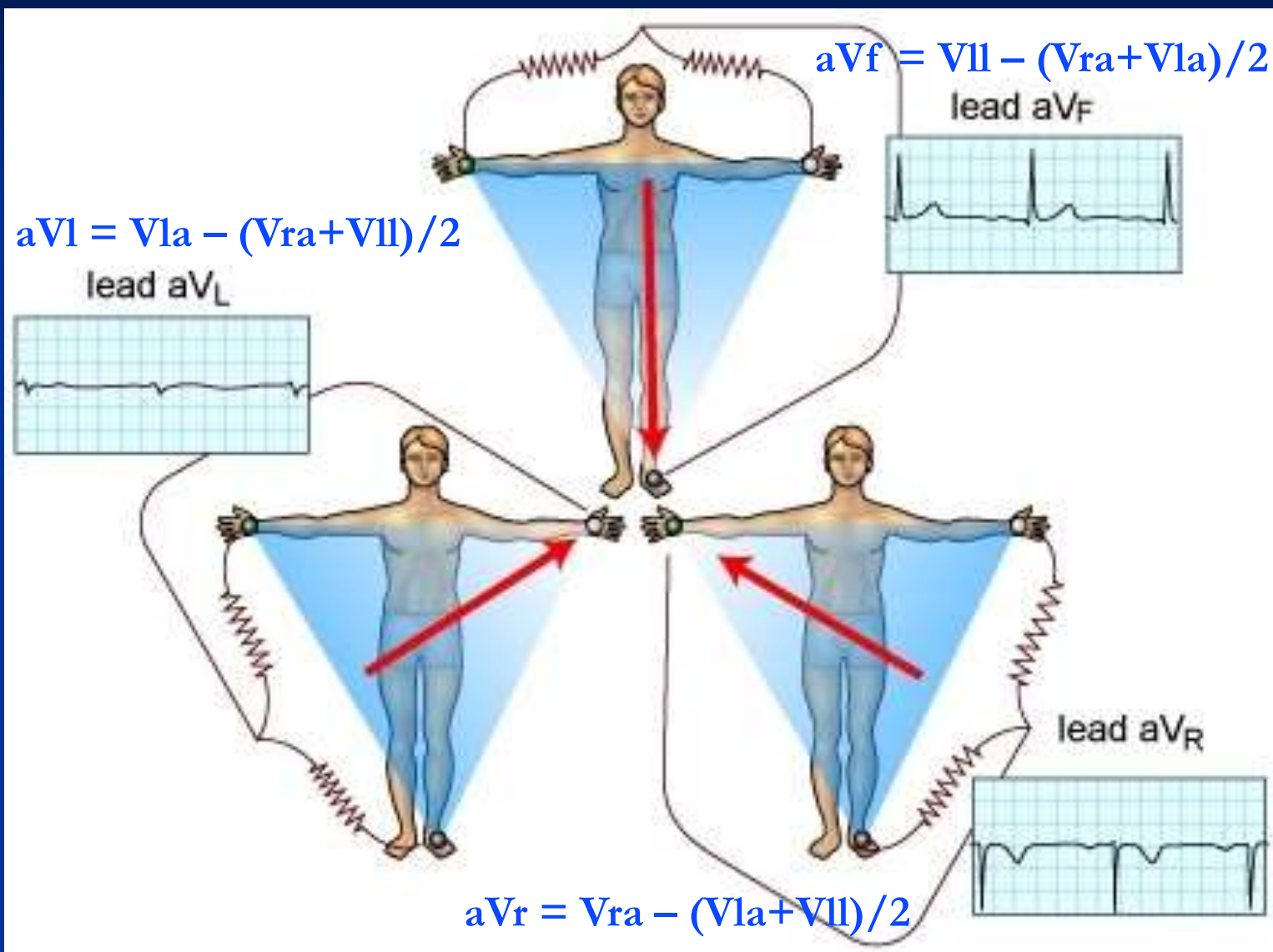
ATRIAL DEPOLARIZATION
80 ms



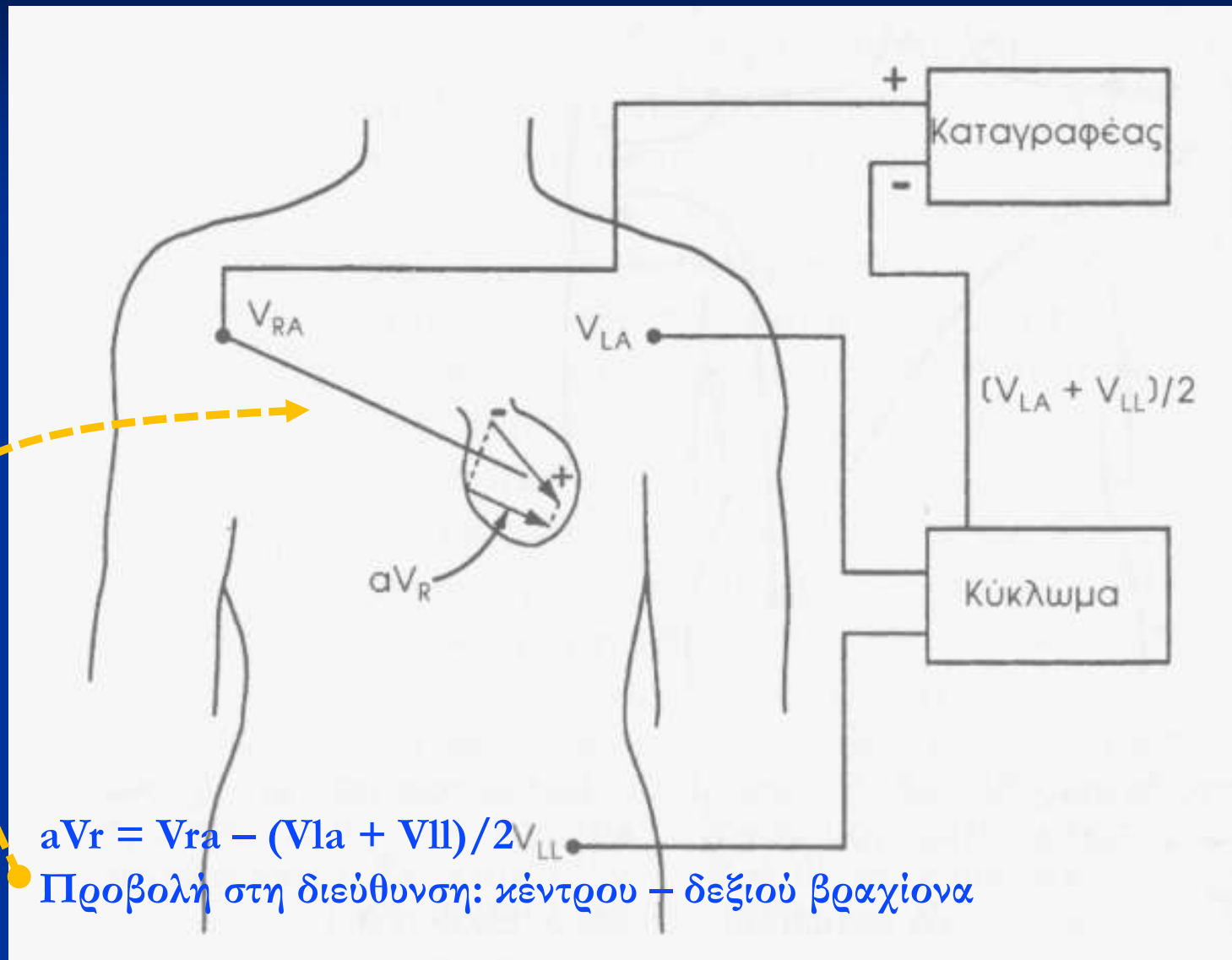
VENTRICLES REPOLARIZED
600 ms



Ενισχυμένες Απαγωγές

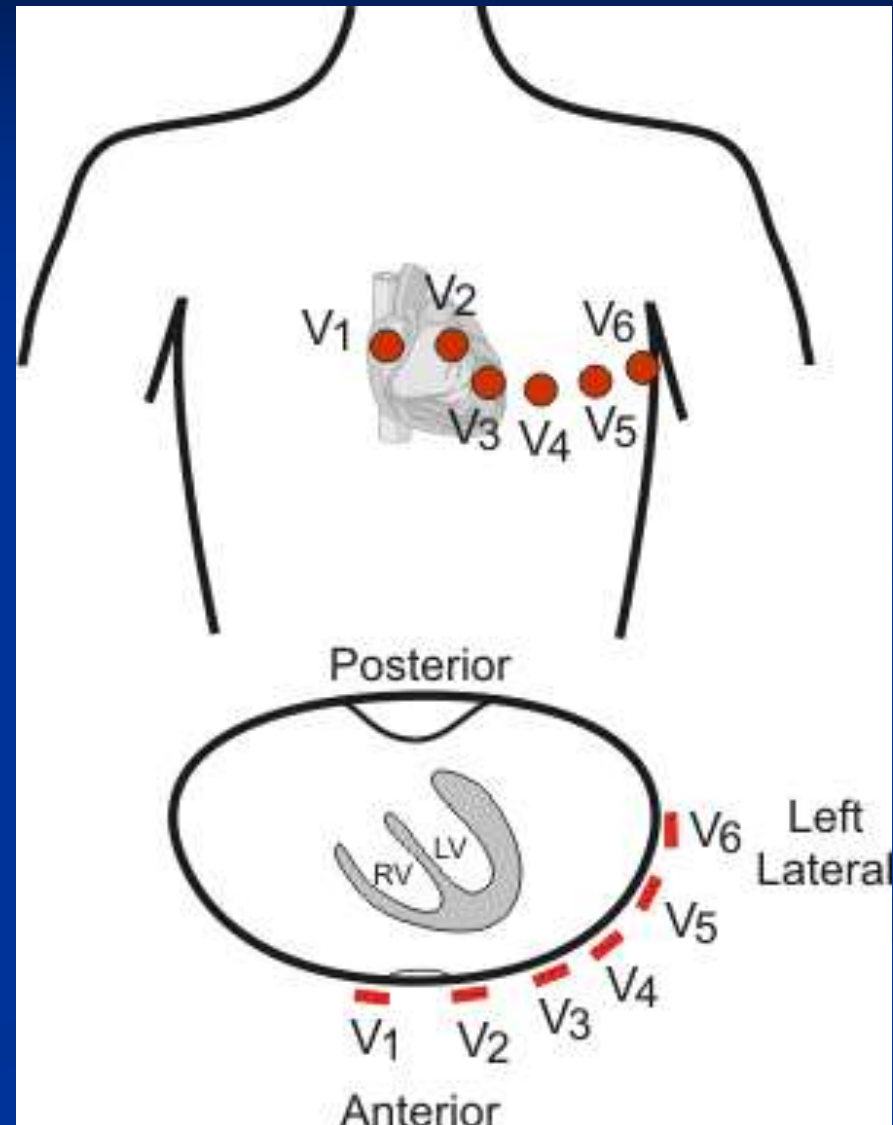


Ενισχυμένες Απαγωγές (aVr)

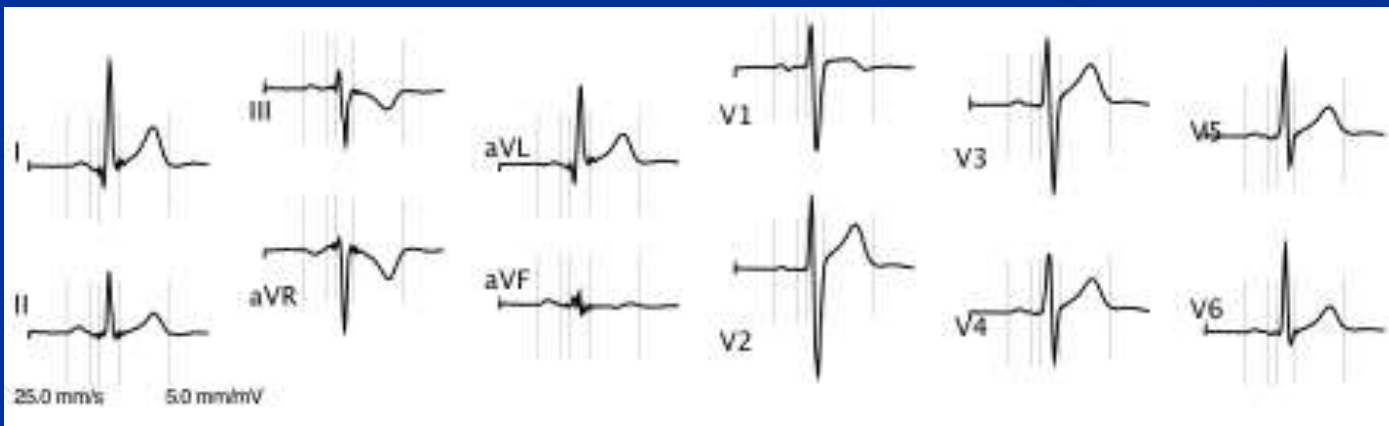
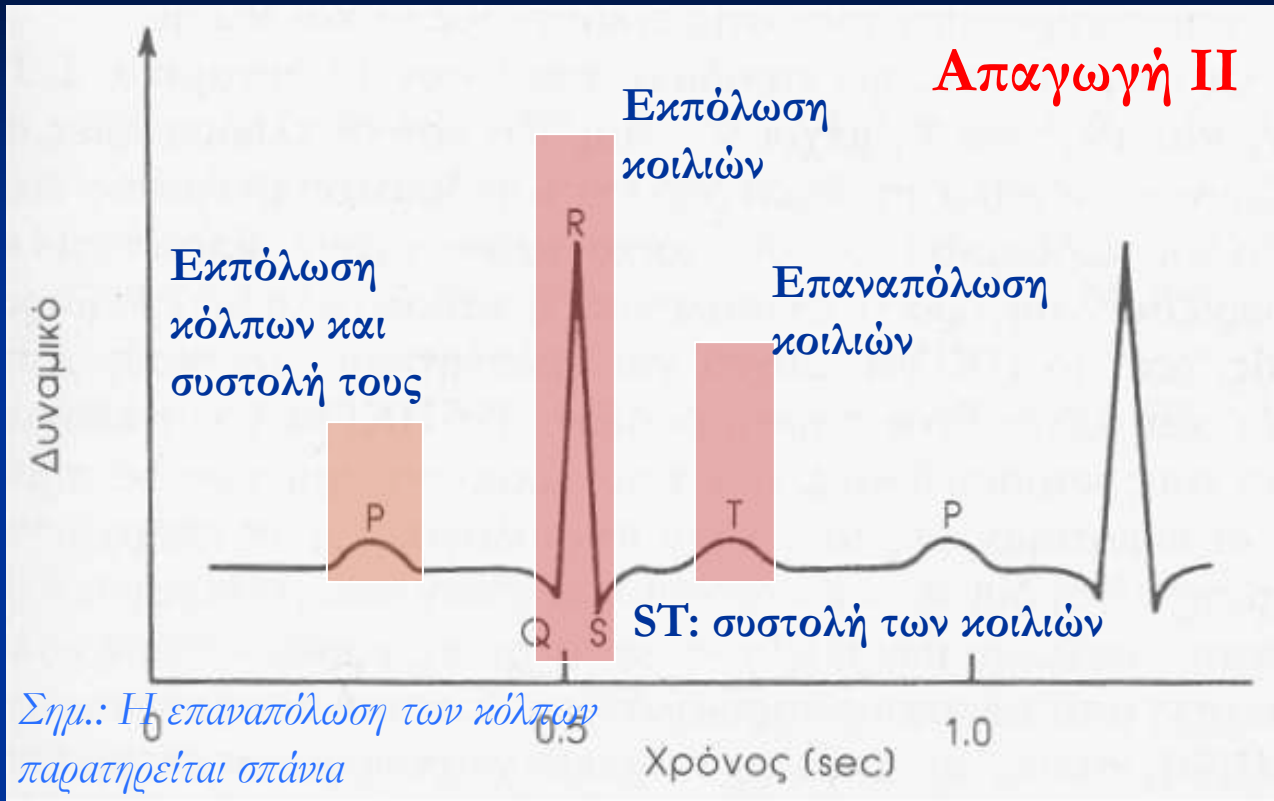


Περικάρδιες Απαγωγές – Εγκάρσιο επίπεδο

- Κατά την κλινική εξέταση λαμβάνονται συνήθως 6 ΚΓΤα στο μετωπιαίο & 6 στο εγκάρσιο.
- Μονοπολικές απαγωγές (1 φυσικό ηλεκτρόδιο & 1 εικονικό).
- **Εγκάρσιο:** το (-) άκρο συνδέεται με ένα «ηλεκτρόδιο» το οποίο:
 - δίνει τη μ.τ. των Vra, Vla, Vll, και
 - ουσιαστικά αντιστοιχεί σε εικονικό ηλεκτρόδιο στο κέντρο του σώματος.
- Το (+) ηλεκτρόδιο μετακινείται κατά μήκος του θωρακικού τοιχώματος (Απαγωγές V1-V6).

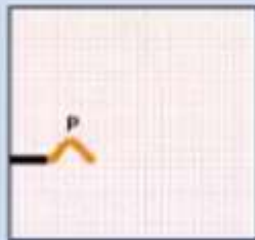


ΗΚΤ – Τα κύρια χαρακτηριστικά του καρδιακού κύκλου

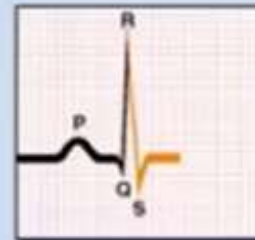


Key

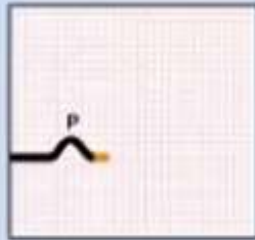
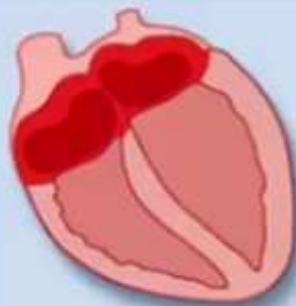
- Wave of depolarization
- Wave of repolarization



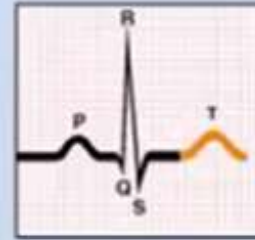
① Atria begin depolarizing.



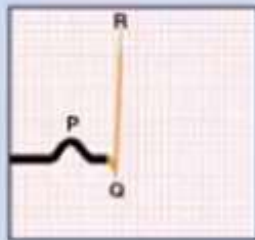
④ Ventricular depolarization complete.



② Atrial depolarization complete.



⑤ Ventricular repolarization begins at apex and progresses superiorly.



③ Ventricular depolarization begins at apex and progresses superiorly as atria repolarize.

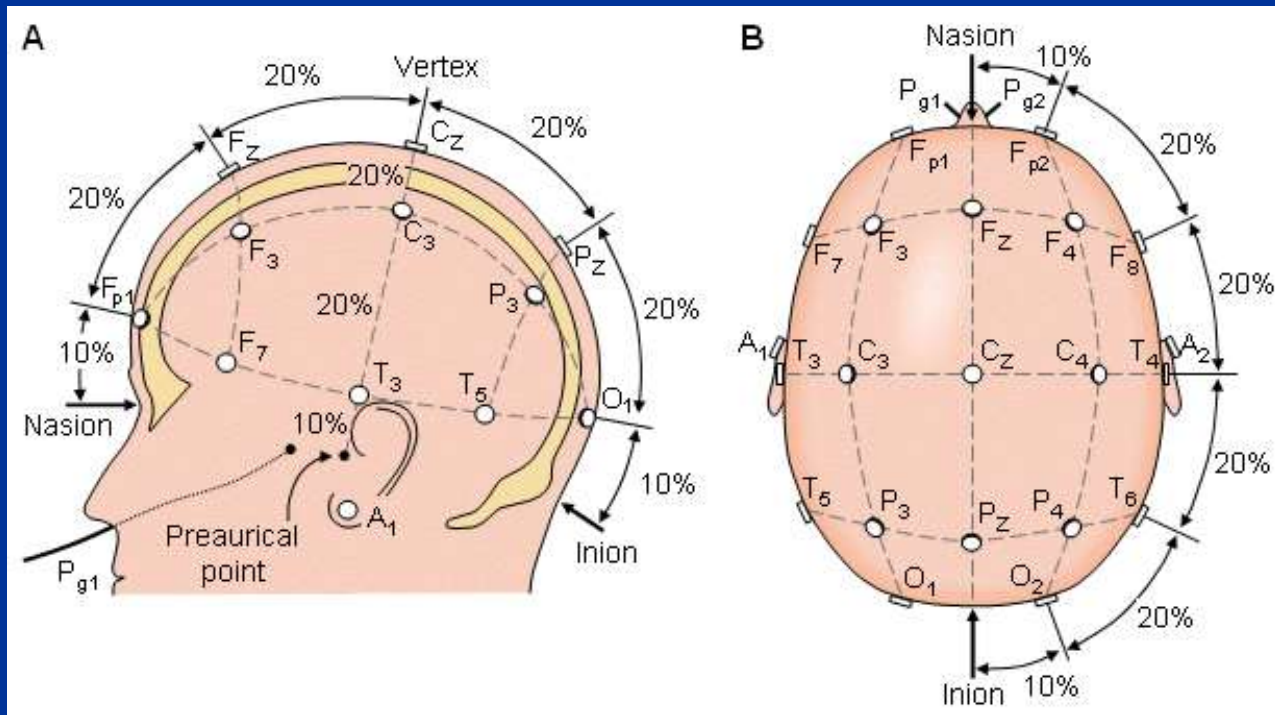


⑥ Ventricular repolarization complete; heart is ready for the next cycle.

Ηλεκτροεγκεφαλογραφημα (ΗΕΓ)

ΗΕΓ - ηλεκτροδία

- Καταγραφή ηλεκτρ. δραστηριότητας των νευρώνων του φλοιού (τάξης μV).
- Ακριβής τρόπος παραγωγής (?)
 - Διαφορετικές ομάδες νευρώνων συγχρονίζονται σε διαφορετικές στιγμές.
- Συνήθως συγκρίνονται σήματα από συμμετρικά σημεία του εγκεφάλου. Διαφορετικά \rightarrow ανωμαλία/ασθένεια.
- Σύστημα 10-20, 21 επιφανειακά ηλεκτροδία (1ή2 στο αυτί για αναφορά):



ΗΕΓ - ηλεκτροδία



↳ However, recently electrode-caps allowed additional (64-128) electrodes to be used.



<http://www.bnlz.org/race/eeg2.htm>



<http://leng9.ucsd.edu/~phammon/>

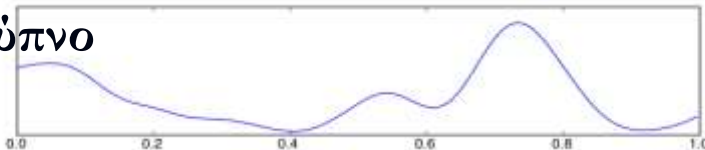


<http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/other/eeg/>

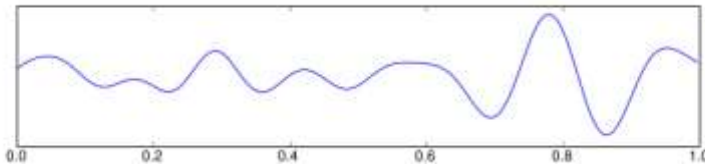
Παραδείγματα κυμάτων

- Το φάσμα της συχνότητας του ΗΕΓ εκτείνεται από τιμές <1 Hz έως μέχρι μερικές δεκάδες Hz.
- Μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις περιοχές συχνοτήτων (ρυθμοί).

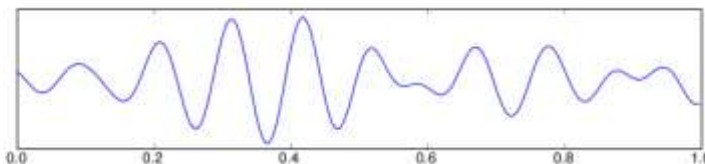
Σε ύπνο



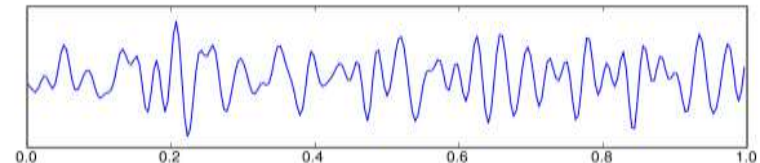
Delta waves (0.5-4Hz) (μετωπιαία)



Theta waves (4-8Hz)



Alpha waves (8-13Hz)



Beta waves (13-30Hz)

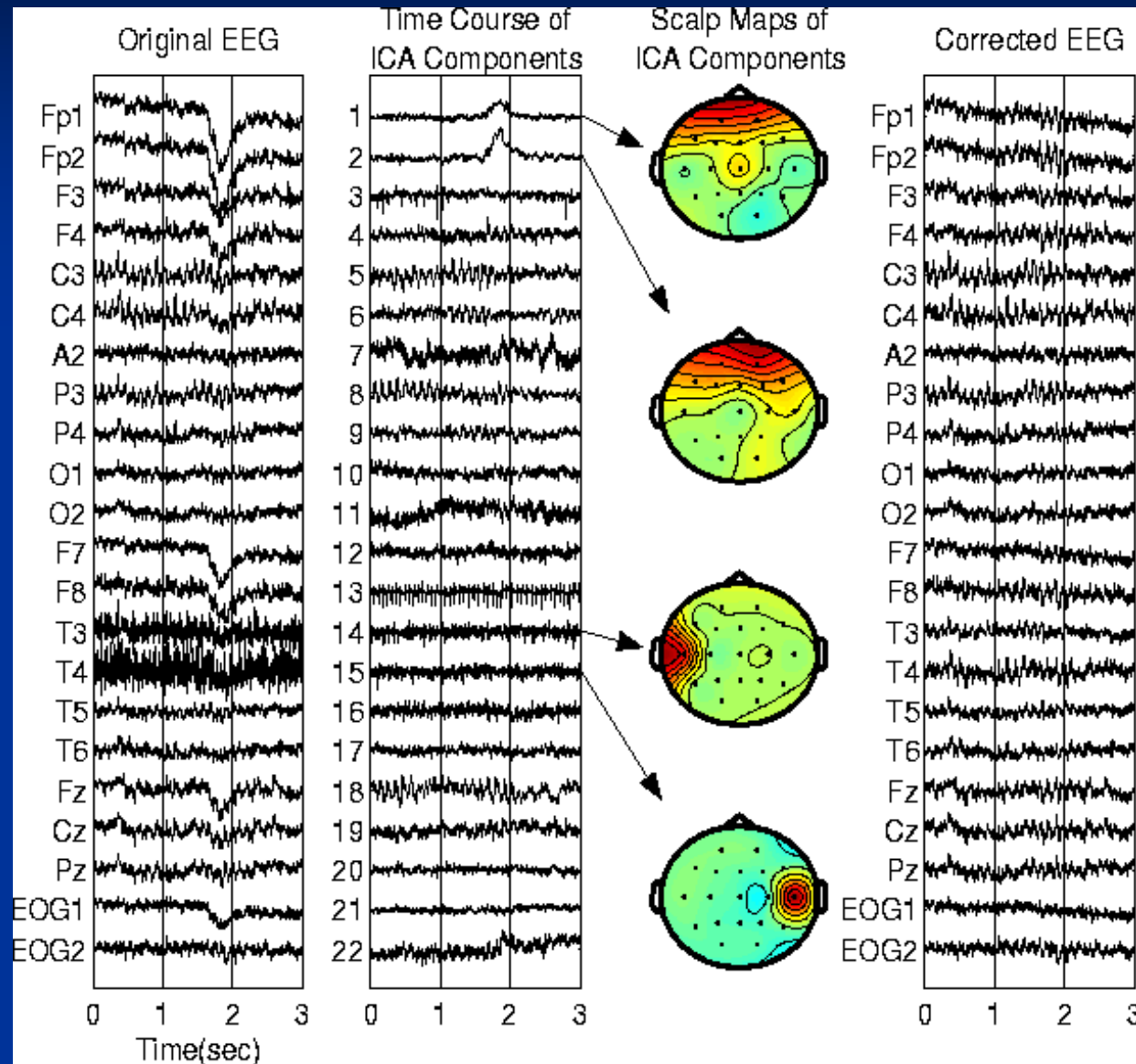
Σε εγρήγορση, μάτια ανοικτά (μετωπιαία)

→ Σε ηρεμία, μάτια κλειστά (οπίσθια & μετωπιαία)

HEG – θόρυβος από άλλα σήματα

Συχνά υπάρχουν παρεμβολές:

- Σήματα από μυϊκές κινήσεις ματιών (eye blinks),
- Σφιξιμο δοντιών - σιαγόνα, μάσημα,
- Καρδιά,
- Εξωτερικές ΗΜ πηγές (στο περιβάλλον, άλλα όργανα)
- ...



Εγκεφαλική λειτουργία σε real time

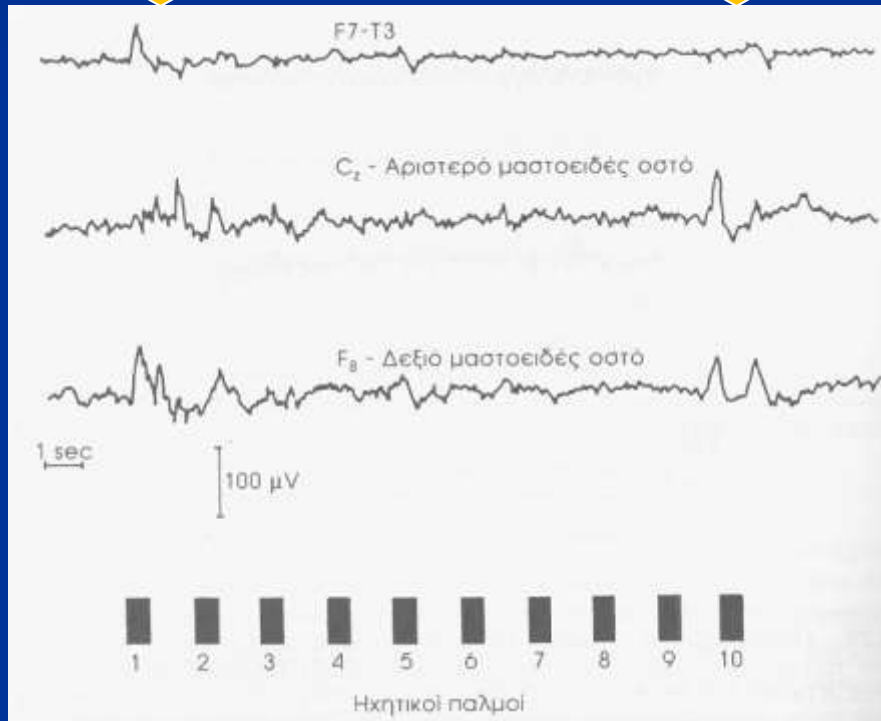


EEG powered by BCILAB | SIFT

<http://www.youtube.com/watch?v=dAIQeTeMJ-I>

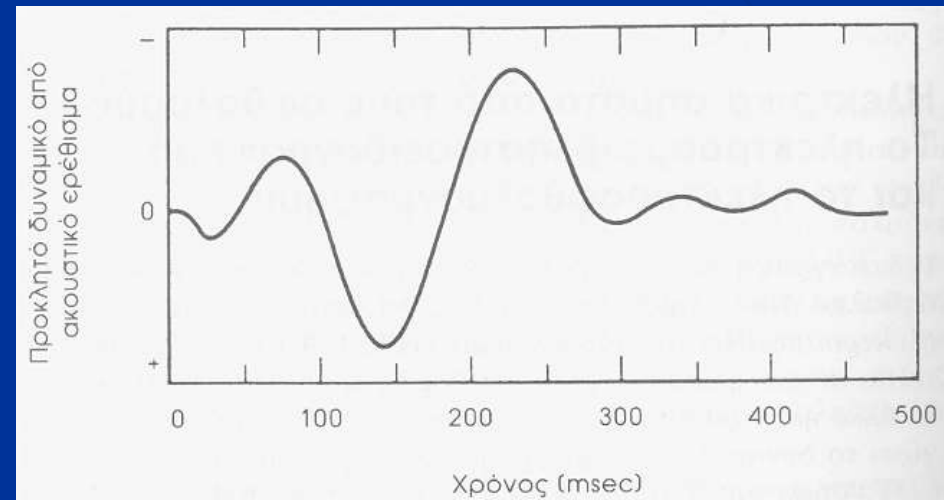
Προκλητά Δυναμικά

Αντιδράσεις στους πρώτους και τελευταίους.
Έλλειψη στο ενδιάμεσο καλείται εθισμός.



Ηχητικοί παλμοί (2 Hz) κατά τη διάρκεια του ύπνου (αρχ. στάδια)

Τα προκλητά δυναμικά μπορεί να είναι π.χ. και λόγω οπτικού εξωτερικού ερεθίσματος (Vis.Evok.Potential)



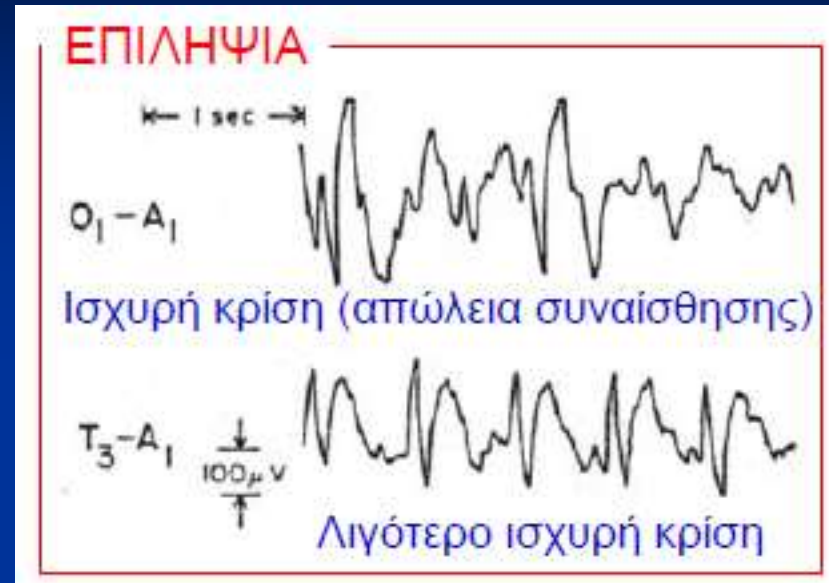
Μέσος όρος από 64 ερεθίσματα

(επειδή η προκλητή αντίδραση είναι μικρή - απαλοιφή θορύβου - ενίσχυση σήματος)

Εφαρμογές ΗΕΓ

Τα ΗΕΓ χρησιμοποιούνται:

- για διάγνωση ασθενειών (π.χ. επιληψία),
- για την παρακολούθηση ασθενούς κατά την εγχείριση όταν δεν μπορεί να γίνει καρδιογράφημα (ένδειξη επιπέδου αναισθησίας),
- για την παρακολούθηση διαφόρων σταδίων του ύπνου,
- για μελέτη της δραστηριότητας του εγκεφάλου υπό την επίδραση ερεθισμάτων (φωτεινές λάμπες, ηχητικοί παλμοί κλπ),
- έρευνα (π.χ. σχιζοφρένεια,...)



Ηλεκτρικά σήματα από τον οφθαλμό

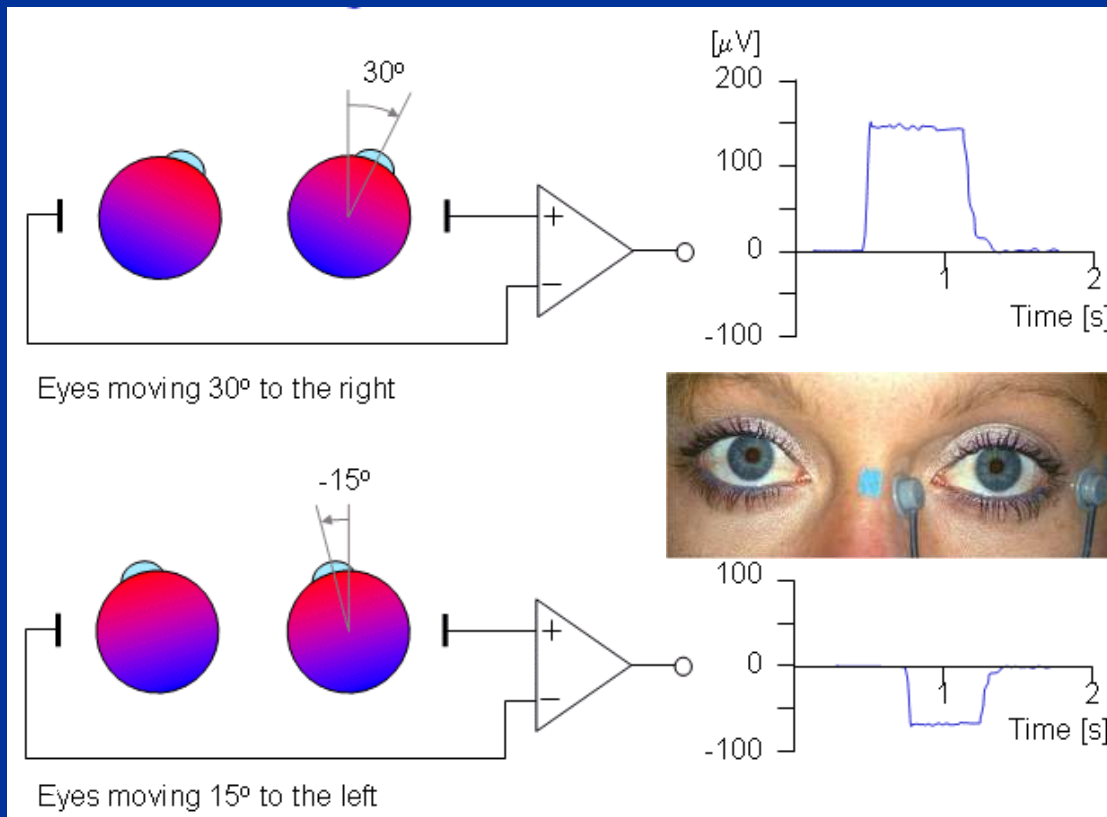
ΗλεκτροΑμφιβληστροειδοΓραφημα (ΗΑΓ)

- Πολύπλοκο, Σ(πολλών επιδράσεων στον οφθαλμό). Καταγραφή της χρονικής ακολουθίας των μεταβολών στο δυναμικό του αμφιβληστροειδούς όταν διεγείρεται με σύντομη λάμψη του φωτός.
- Κύμα Α: Ανταναικλά τη γενική φυσιολογική κατάσταση των φωτοϋποδοχέων στον εξωτερικό αμφιβληστροειδή.
- Κύμα Β, πιο ενδιαφέρον, ανταναικλά την κατάσταση των εσωτερικών στρωμάτων του αμφιβληστροειδούς.
- Εφαρμογές: παθήσεις αμφιβληστροειδή

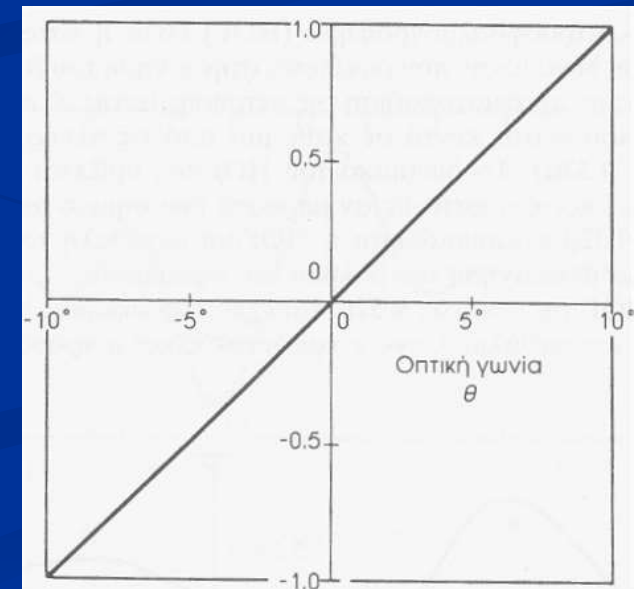


ΗλεκτροΟφθαλμοΓραφημα (ΗΟΓ)

- Μεταβολή δυναμικού λόγω κίνησης οφθαλμού. Κυρίως στην έρευνα.
- Το δυναμικό του ΗΟΓτος $V = 0$ όταν οφθαλμός κοιτάει κατευθείαν μπροστά: $\theta = 0^\circ$.
- Εφαρμογές: κίνηση του βολβού κατά το νυσταγμό (ακούσια ρυθμική κίνηση ματιών), αξιολόγηση ικανότητας ανάγνωσης και οπτικής κόπωσης.



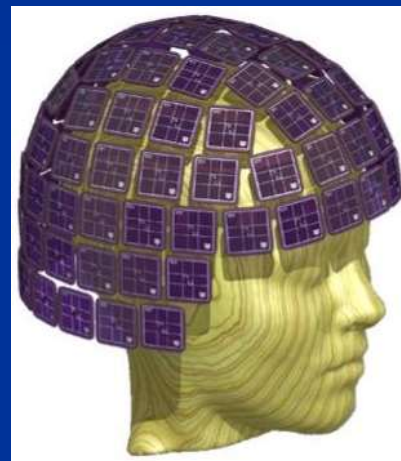
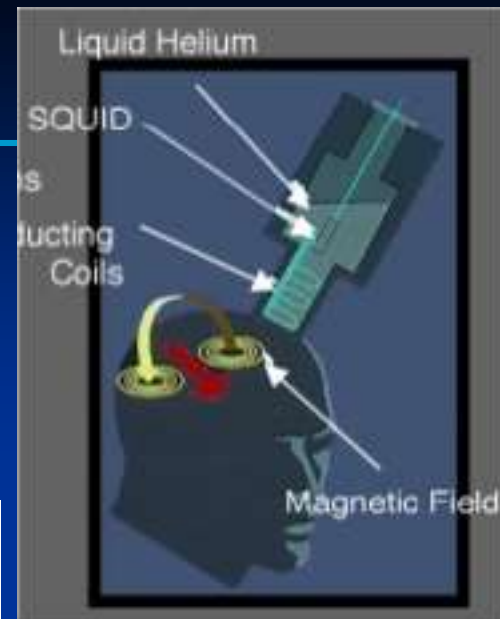
Αλλαγή V συναρτήσει
οπτικής γωνίας



Μαγνητικά Σήματα

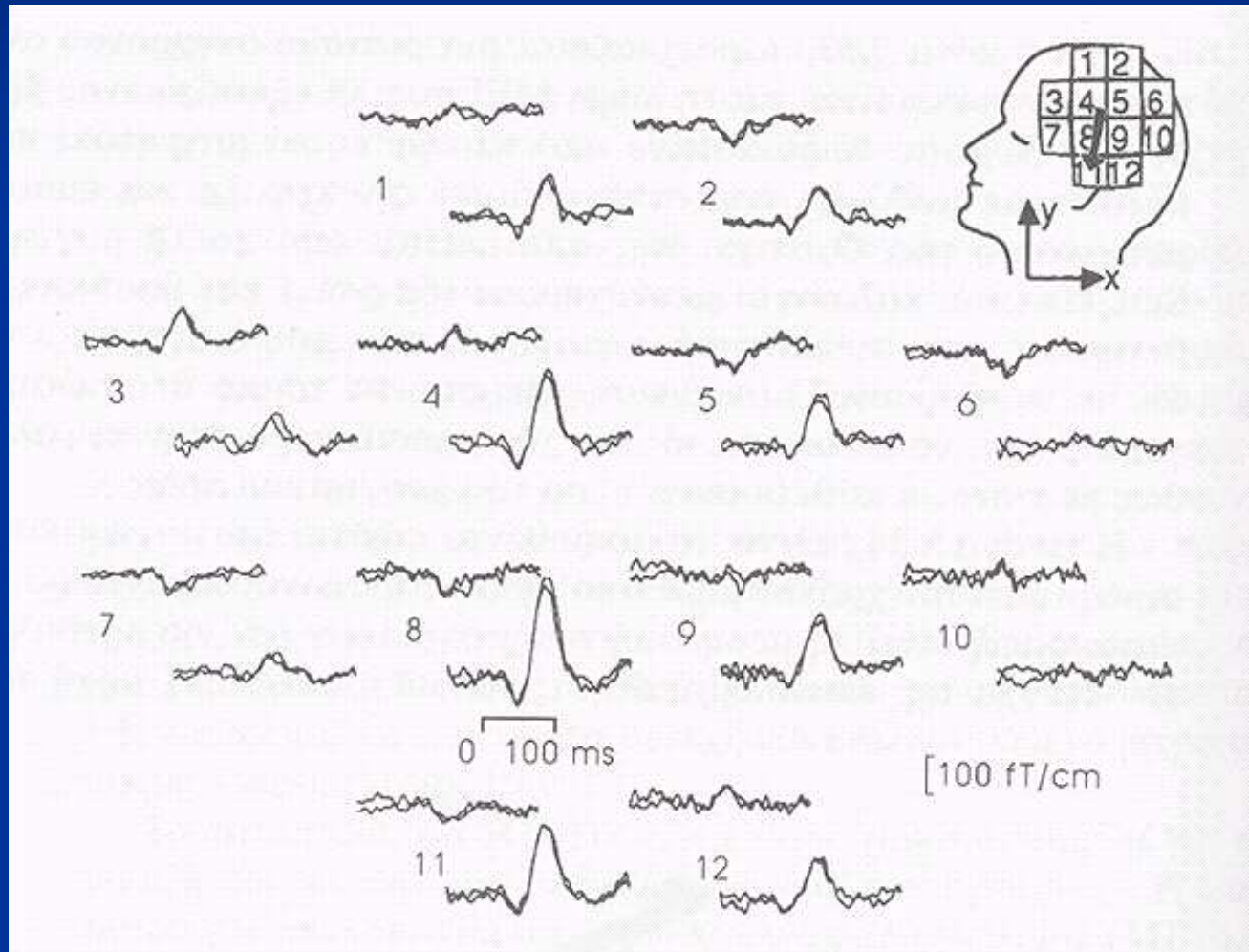
ΜαγνητοΕγκεφαλοΓραφημα (ΜΕΓ)

- Μαγν. πεδίο έξω από το κρανίο λόγω ηλεκτρ. δραστηρ. νευρώνων (ροή ηλ. φορτίων, α κύμα: 10^{-14} T, γη: $\sim 10^{-5}$).
- Υπερευαίσθητοι ανιχνευτές – μαγνητόμετρα (SQUID).
- Συνήθως χρησιμοποιούμε ερέθισμα.
- Πολύ καλή χωρική...και χρονική διακριτική ικανότητα (\sim ΗΕΓ).
- Ωστόσο, τα σήματα είναι πολύ ασθενή! (ειδική θωράκιση, επεξεργασία,...).
- Οι μετρήσεις μπορούν να επεξεργαστούν ώστε να βρούμε τη θέση των «νευρωνικών πηγών» (neural sources)-ηλ. δίπολα, και να τις προβάλλουμε μετά σε μία εικόνα (MRI).



Παράδειγμα ΜΕΓ

- Σε κάθε θέση, 2 μετρήσεις (x,y). Μέση τιμή από 66 ακουστικά ερεθίσματα.
- Οι μετρήσεις αντιστοιχούν στη μεταβολή του M_z στις x και y κατευθύνσεις.



Άλλες Τεχνικές

Νευροανάδραση

- Καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας (π.χ. EEG)
- Επεξεργασία EEG. Όταν αντίδραση επιθυμητή ο ασθενής «ανταμείβεται».
- Η ανταμοιβή μπορεί να είναι ηχητική, οπτική, μέσω video game (!),..
- Εφαρμογή: ADHD (Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής – Υπερκιν/τας)

