

ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ

6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

ΓΚΛΩΤΣΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

dimglo@uniwa.gr

Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δυναμικά μεμβράνης

2. Δυναμικά στα νευρικά κύτταρα

3. Δυναμικά στα μυοκαρδιακά κύτταρα

4. Δυναμικά στους σκελετικούς μύες

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δυναμικά μεμβράνης

2. Δυναμικά στα νευρικά κύτταρα

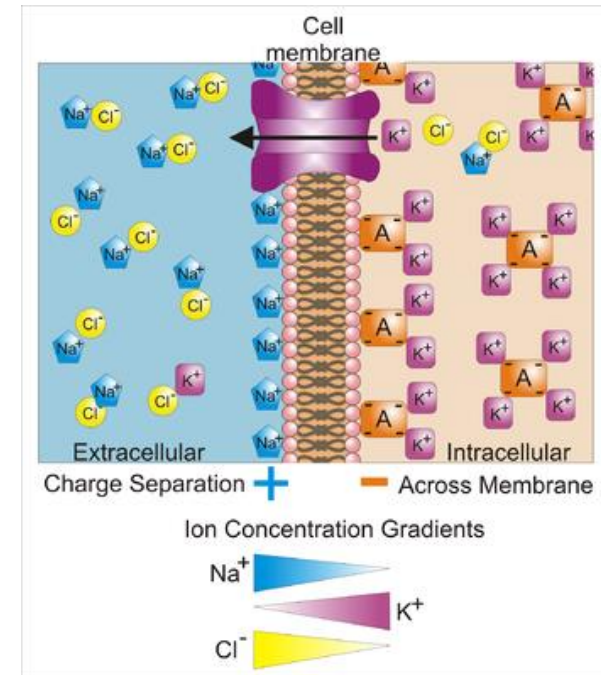
3. Δυναμικά στα μυοκαρδιακά κύτταρα

4. Δυναμικά στους σκελετικούς μύες

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικά μεμβράνης

- Οι μεμβράνες των κυττάρων παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην μετάδοση των ηλεκτρικών σημάτων
- Εντός και εκτός της κυτταρικής μεμβράνης υπάρχουν διάφορες θετικά και αρνητικά φορτισμένες ουσίες που ονομάζονται ιόντα, όπως τα K^+ , Na^+ , Cl^-
- Η κίνηση των ιόντων εντός και εκτός της μεμβράνης γίνεται κυρίως μέσω τριών μηχανισμών
- 1. Αν η μεμβράνη επέτρεπε ελεύθερα την κίνηση των ιόντων εντός και εκτός του κυττάρου, τα ιόντα θα κινιόντουσαν από την περιοχή χαμηλότερης συγκέντρωσης προς της περιοχή υψηλότερης συγκέντρωσης μέχρι η συγκέντρωσή τους μέσα και έξω από το κύτταρο εξισωθεί. Η κίνηση αυτή γίνεται μέσω της διάχυσης
- 2. Αν η μεμβράνη επέτρεπε ελεύθερα την κίνηση των ιόντων εντός και εκτός του κυττάρου, τα ιόντα θα κινιόντουσαν έτσι ώστε το φορτίο μέσα και έξω από την μεμβράνη του κυττάρου να εξισωθεί. Η κίνηση αυτή γίνεται μέσω της ηλεκτροστατικής δύναμης. Τα θετικά ιόντα έλκονται από την περιοχή με περίσσεια αρνητικού φορτίου, ενώ τα αρνητικά ιόντα έλκονται από την περιοχή με περίσσεια θετικού φορτίου
- 3. Η μεμβράνη επιτρέπει επιλεκτικά την κίνηση κάποιων ιόντων εντός και εκτός του κυττάρου με την χρήση ειδικών 'καναλιών' τα οποία ανοίγουν και κλείνουν υπό την επίδραση διαφόρων ηλεκτρικών ερεθισμάτων. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται ο έλεγχος του δυναμικού εντός και εκτός της μεμβράνης



Πηγή:

https://en.wikipedia.org/wiki/Membrane_potential

Εκπαιδευτική προβολή: Δυναμικό μεμβράνης

<https://www.youtube.com/watch?v=MpiWXZT0k6o>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δυναμικά μεμβράνης

2. Δυναμικά στα νευρικά κύτταρα

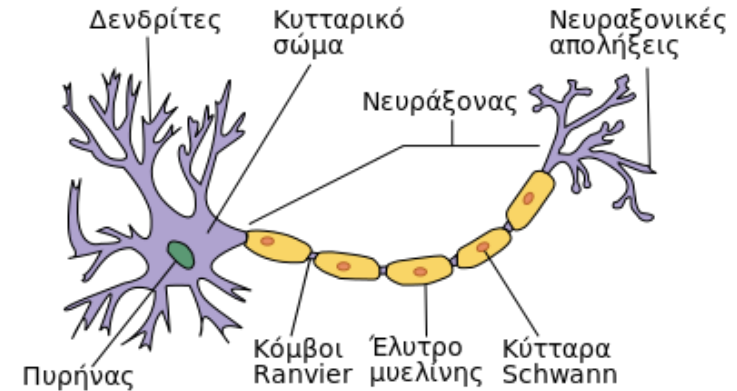
3. Δυναμικά στα μυοκαρδιακά κύτταρα

4. Δυναμικά στους σκελετικούς μύες

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικό δράσης στα νευρικά κύτταρα

- Τα νευρικά κύτταρα αποτελούνται από
 1. Το κυτταρικό σώμα
 2. Τους δενδρίτες
 3. Τον νευράξονα
 4. Τις νευροαξονικές απολήξεις
- Το δυναμικό δράσης είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται όταν ένα νευρικό κύτταρο μεταφέρει πληροφορία σε ένα άλλο νευρικό κύτταρο
- Αφού λάβει το νευρικό κύτταρο το ερέθισμα, ο άξονάς του δημιουργεί ένα ηλεκτρικό σήμα (παλμό) που μεταφέρεται μέσω των νευροαξονικών απολήξεων στο επόμενο συνδεδεμένο κύτταρο
- Η κυτταρική μεμβράνη του νευρικού κυττάρου έχει ενσωματωμένα τα λεγόμενα κανάλια ιόντων τα οποία όταν ενεργοποιηθούν επιτρέπουν την επιλεκτική διέλευση εντός και εκτός της κυτταρικής μεμβράνης διαφόρων ιόντων
- Δύο από τα πιο σημαντικά κανάλια είναι το κανάλι του Na^+ και του K^+
- Σε κατάσταση ηρεμίας, το δυναμικό της μεμβράνης στα νευρικά κύτταρα είναι $\approx -70\text{mV}$, δηλαδή το εσωτερικό της μεμβράνης είναι περισσότερο αρνητικό από το εξωτερικό. Σε αυτή την κατάσταση υπάρχει υψηλότερη συγκέντρωση ιόντων Na^+ εκτός της μεμβράνης και υψηλότερη συγκέντρωση ιόντων K^+ και Cl^- εντός της μεμβράνης



Πηγή:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%85%CF%81%CF%8E%CE%BD%CE%B1%CF%82>

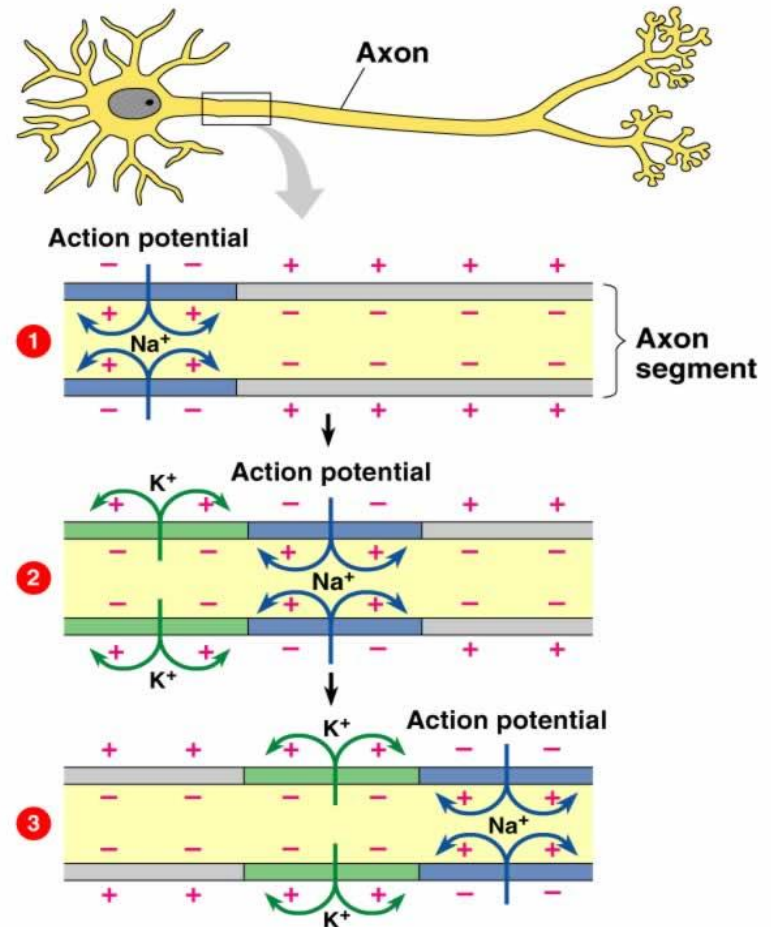
Εκπαιδευτική προβολή: Δυναμικό δράσης στα νευρικά κύτταρα

<https://www.youtube.com/watch?v=ZAmUjvqo00A>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικό δράσης στα νευρικά κύτταρα

- Τα νευρικά κύτταρα αποτελούνται από
 1. Το κυτταρικό σώμα
 2. Τους δενδρίτες
 3. Τον νευράξονα
 4. Τις νευροαξονικές απολήξεις
- Όταν ένα νευρικό κύτταρο διεγερθεί, τότε ανοίγουν τα κανάλια Na^+ , με αποτέλεσμα να εισέρχεται εντός του κυττάρου το Na^+ και το δυναμικό εντός της μεμβράνης να γίνεται θετικό
- Αμέσως μετά, η επόμενη, γειτονική αντλία Na^+ ανοίγει και αυτή, και επαναλαμβάνεται το ίδιο φαινόμενο από αντλία σε αντλία μέχρι να φθάσει το σήμα στις νευροαξονικές απολήξεις του νευρικού κυττάρου, όπου θα γίνει και η μεταβίβαση της διέγερσης στο επόμενο, συνδεδεμένο, νευρικό κύτταρο
- Μόλις ολοκληρωθεί η μετάδοση του σήματος από την μία αντλία στην επόμενη, ανοίγουν τα κανάλια του K^+ με αποτέλεσμα να εξέρχεται το K^+ προς τα έξω ώστε να αποκατασταθεί το δυναμικό ηρεμίας
- Στο τέλος, υπάρχει μια ακόμα αντλία, η αντλία Na^+/K^+ , που εξάγει το Na^+ και εισάγει το K^+ ώστε να αποκατασταθεί η αρχική συγκέντρωση των δύο ιόντων στην κατάσταση του δυναμικού ηρεμίας. Η αντλία αυτή επιτρέπει την είσοδο $\approx 3 \text{ K}^+$ και την έξοδο $\approx 2 \text{ Na}^+$



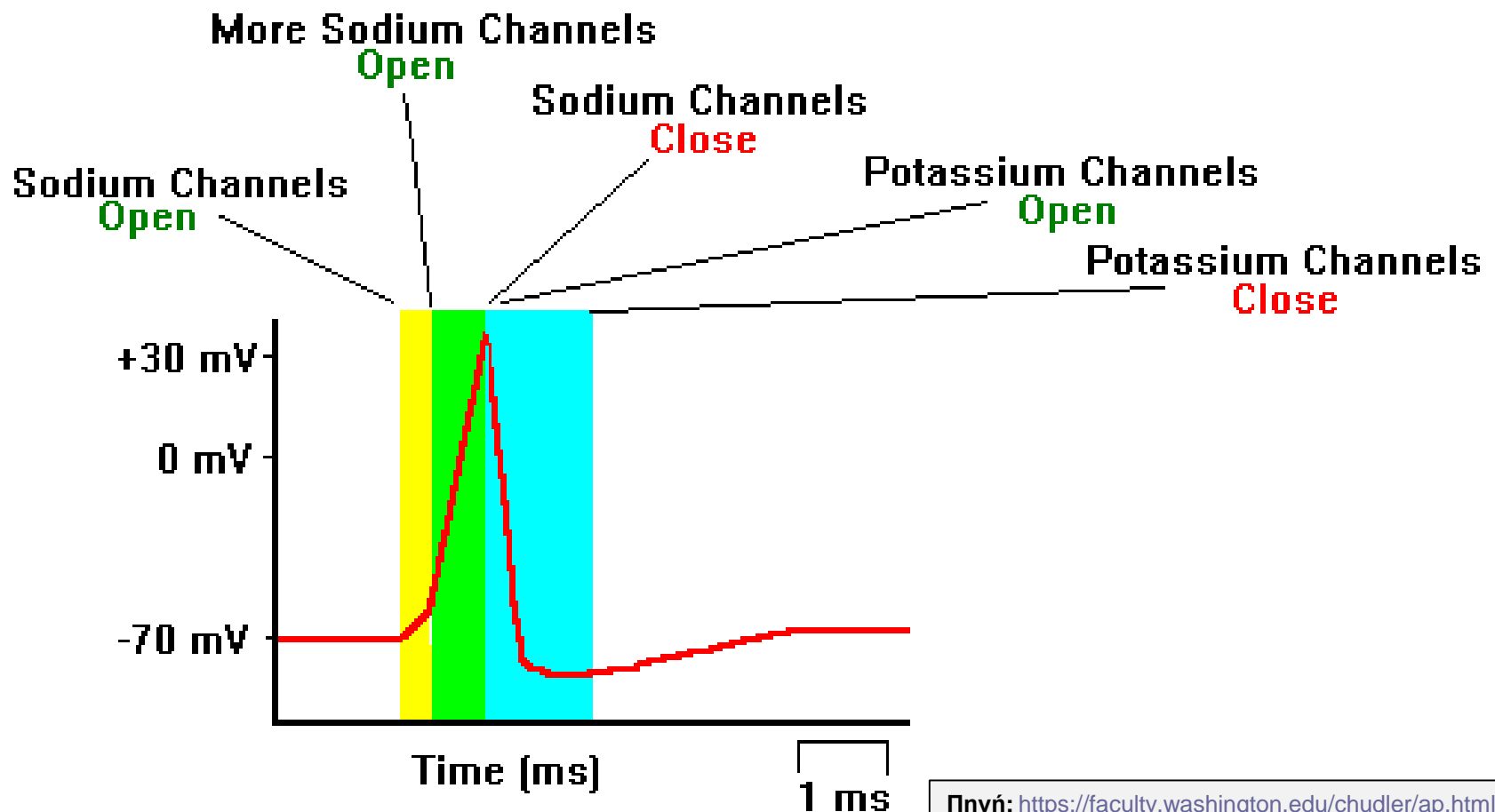
©Addison Wesley Longman, Inc.

Πηγή:

<https://biology.stackexchange.com/questions/34075/how-to-conceptualize-the-action-potential>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

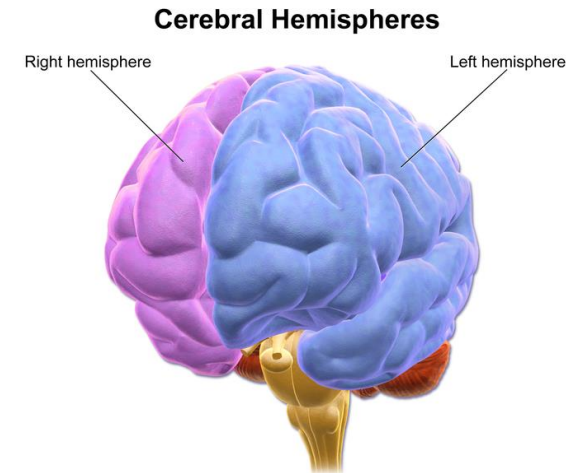
Δυναμικό δράσης στα νευρικά κύτταρα



ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Εγκέφαλος και νευρικό σύστημα

- **Εγκέφαλος:**
- Ο εγκέφαλος είναι το περισσότερο πολύπλοκο όργανο του ανθρώπου, τόσο σε δομή όσο και σε λειτουργίες.
- Είναι υπεύθυνος για όλες τις λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος, για τις σκέψεις, την μνήμη και τα συναισθήματα καθώς και άλλες πολλές λειτουργίες
- Χωρίζεται σε δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια, το δεξιό και το αριστερό
- Το δεξιό ημισφαίριο είναι υπεύθυνο κυρίως για τον συσχετισμό των αισθητηριακών πληροφοριών ώστε να δημιουργηθεί η αίσθηση της αντίληψης του περιβάλλοντος, συνεισφέρει στον συντονισμό των κινήσεων, στην φαντασία, στην δημιουργικότητα, στην προσοχή καθώς και άλλες πολλές λειτουργίες
- Το αριστερό ημισφαίριο είναι υπεύθυνο κυρίως για όλες τις λογικές και αναλυτικές επεξεργασίες, για την γλώσσα, τη γραφή, την ομιλία, τα μαθηματικά, την λεκτική μνήμη καθώς και άλλες πολλές λειτουργίες

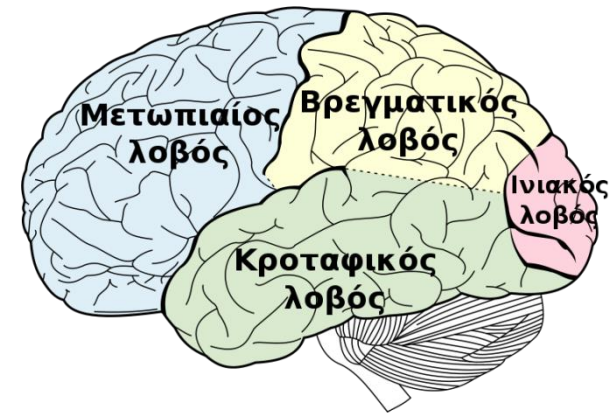


Πηγή:
https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebral_hemisphere

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Εγκέφαλος και νευρικό σύστημα

- **Εγκέφαλος:**
- Το κάθε ημισφαίριο του εγκεφάλου χωρίζεται προσεγγιστικά σε 4 μεγάλες περιοχές με διαφορετικές λειτουργίες:
- **Μετωπιαίος λοβός:** Βρίσκεται μπροστά, πίσω από το μέτωπο. Ελέγχει μεταξύ άλλων τις σκέψεις, τα συναισθήματα, την λογική, την συμπεριφορά
- **Κροταφικός λοβός:** Ελέγχει μεταξύ άλλων την ακοή, την γλώσσα, συμμετέχει στον έλεγχο συναισθημάτων και μνήμης
- **Βρεγματικός λοβός:** Συσχετίζει μεταξύ άλλων διάφορες αισθητηριακές λειτουργίες ώστε να δημιουργηθεί η αντίληψη
- **Ινιακός λοβός:** Ελέγχει μεταξύ άλλων τους μηχανισμούς της όρασης
- Άλλη μία σημαντική περιοχή του εγκεφάλου είναι η Παρεγκεφαλίδα η οποία ελέγχει την κίνηση, την ισορροπία και τα αντανακλαστικά μεταξύ άλλων



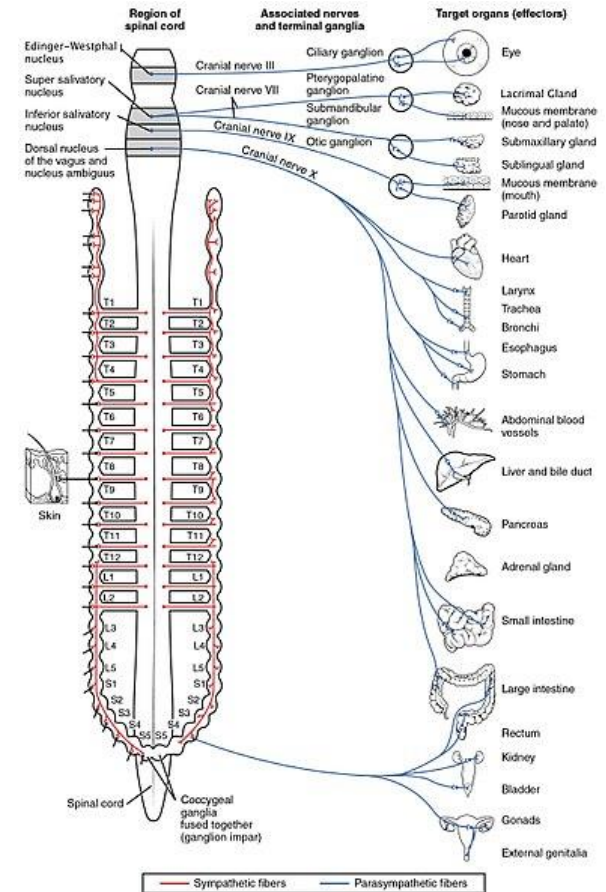
Πηγή:

https://en.wikipedia.org/wiki/Circulatory_system#Heart

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Εγκέφαλος και νευρικό σύστημα

- **Κεντρικό και Περιφερειακό Νευρικό Σύστημα:**
- Ο εγκέφαλος αποτελεί το βασικό όργανο του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος. Πέρα από τον εγκέφαλο, το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα περιλαμβάνει και τον ωτιαίο μυελό.
- Ο ωτιαίος μυελός βρίσκεται μέσα στην σπονδυλική στήλη. Αποτελείται από νευρικά κύτταρα και τα νεύρα και μεταφέρουν πληροφορίες από και προς τον εγκέφαλο στην περιφέρεια
- Το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα χωρίζεται στο Σωματικό Νευρικό Σύστημα, το οποίο κυρίως συμμετέχει στον συνειδητό έλεγχο των κινήσεων (π.χ. κινήσεις των σκελετικών μυών) και στο Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα το οποίο συμμετέχει στον ασυνείδητο έλεγχο των κινήσεων του σώματος (π.χ. αναπνοή, καρδιά)
- Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα χωρίζεται περαιτέρω στο Συμπαθητικό και το Παρασυμπαθητικό σύστημα, δύο 'ανταγωνιστικά' συστήματα ως προς την επίδρασή τους στην λειτουργία του σώματος (π.χ. συμπαθητικό-αγγειοσυστολή, παρασυμπαθητικό-αγγειαδιαστολή).

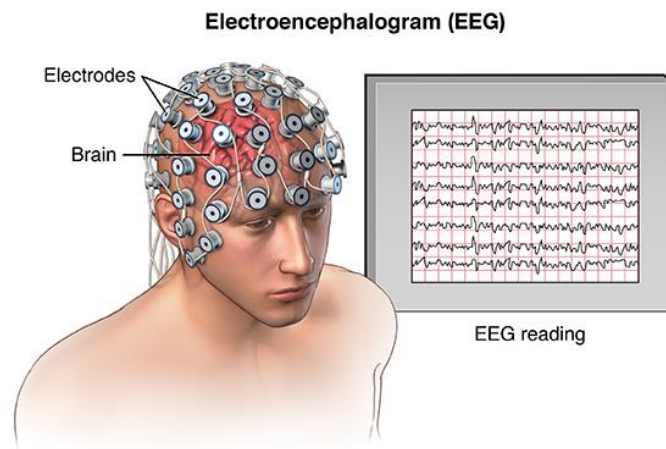


Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomic_nervous_system

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Εγκέφαλος και νευρικό σύστημα

- **Ηλεκτροεγκεφαλογράφος:**
- Ο ηλεκτροεγκεφαλογράφος είναι ένα σύστημα μέσω του οποίου μπορούμε να μετρήσουμε τα ηλεκτρικά σήματα που παράγονται στον εγκέφαλο
- Καταγράφει τις διαφορές δυναμικού σε διάφορα σημεία του κρανίου τοποθετώντας ειδικά ηλεκτρόδια
- Χρησιμοποιείται στη διάγνωση διαφόρων ασθενειών όπως η επιληψία, εγκεφαλοπάθειες, διαταραχές ύπνου, εγκεφαλικά επεισόδια κλπ
- Μια πολύ σημαντική εφαρμογή είναι η μελέτη των προκλητών δυναμικών, η οποία περιλαμβάνει την καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας του εξεταζόμενου κατόπιν υποβολής εξειδικευμένων οπτικών, ακουστικών ή/και άλλων ερεθισμάτων που παρουσιάζονται στον εξεταζόμενο
- Ο ηλεκτροεγκεφαλογράφος καταγράφει σήματα τα οποία έχουν δύο βασικά χαρακτηριστικά: το πλάτος και την συχνότητα.
- Το πλάτος έχει να κάνει με την ένταση του σήματος (y άξονας) ενώ η συχνότητα έχει να κάνει με το πόσο γρήγορα ή αργά ολοκληρώνεται ο κύκλος του σήματος (περίοδος) (x άξονας)

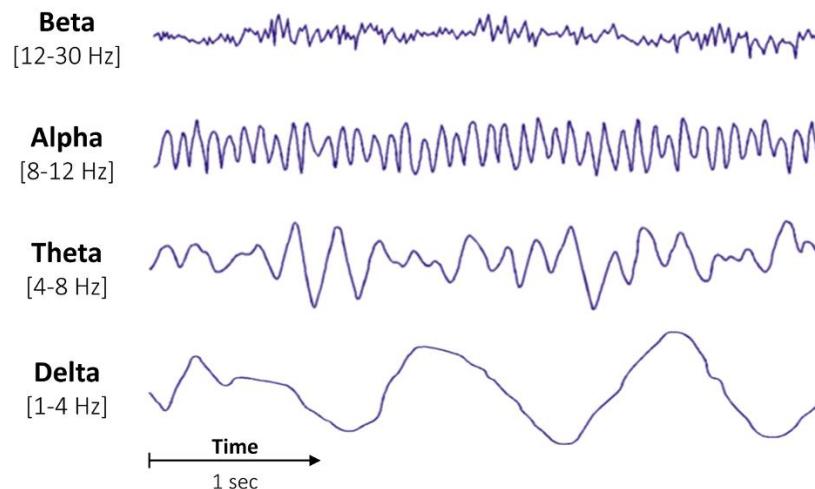


Πηγή: <https://hvmn.com/biohacker-guide/cognition/eeeg-measures-of-cognition>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Εγκέφαλος και νευρικό σύστημα

- Ηλεκτροεγκεφαλογράφος
- Υπάρχουν τέσσερις βασικοί εγκεφαλικοί ρυθμοί οι οποίοι διαφέρουν ως προς την συχνότητα:
 - Ρυθμός Δέλτα < 4Hz
 - Ρυθμός Θήτα 4-8Hz
 - Ρυθμός Άλφα 8-14Hz
 - Ρυθμός Βήτα > 14Hz
- Ο ρυθμός Δέλτα παρουσιάζει το μέγιστο πλάτος και την χαμηλότερη συχνότητα (περισσότερο αργός). Είναι ο ρυθμός που παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια του ύπνου αλλά και στα μωρά
- Ο ρυθμός Θήτα εμφανίζεται κατά την διαδικασία εισόδου ή εξόδου από τον ύπνο και εμφανίζεται σε νέα παιδιά. Επίσης, είναι ο ρυθμός που εμφανίζεται σε πρακτικές διαλογισμού
- Ο ρυθμός Άλφα εμφανίζεται κατά την διαδικασία χαλάρωσης και με κλειστά τα μάτια
- Ο ρυθμός Βήτα εμφανίζεται σε καταστάσεις πλήρους εγρήγορσης

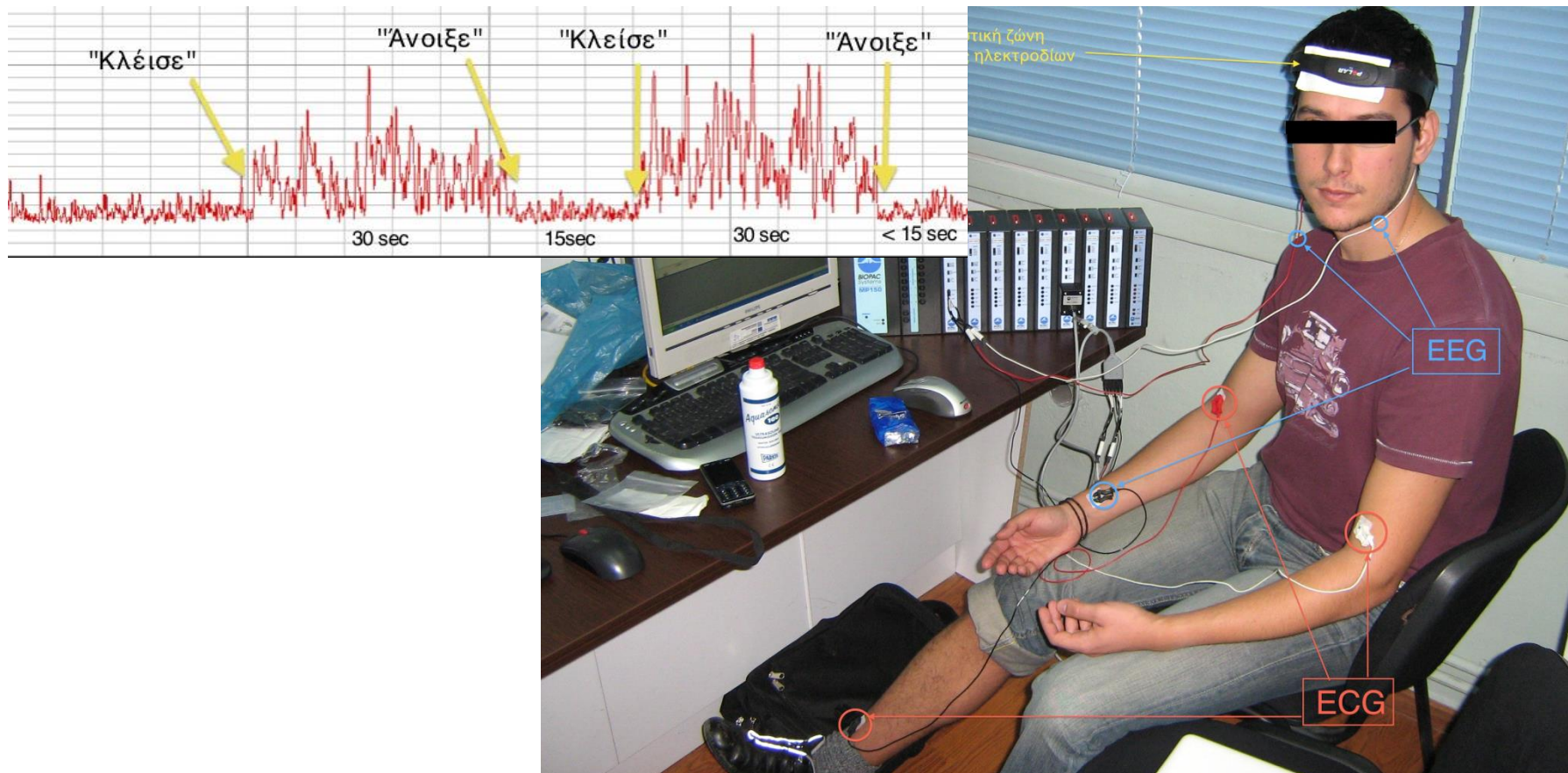


Πηγή: <https://raphaelvallat.github.io/bandpower.html>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Εγκέφαλος και νευρικό σύστημα

- Ηλεκτροεγκεφαλογράφος



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δυναμικά μεμβράνης

2. Δυναμικά στα νευρικά κύτταρα

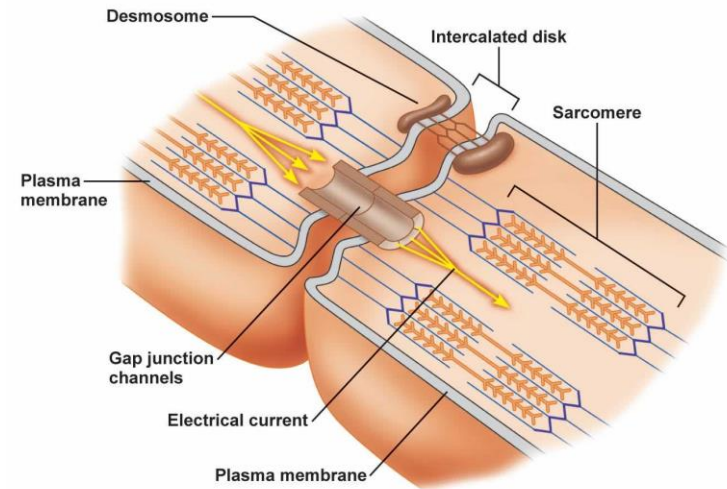
3. Δυναμικά στα μυοκαρδιακά κύτταρα

4. Δυναμικά στους σκελετικούς μύες

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικό δράσης στα καρδιακά μυϊκά κύτταρα

- Η καρδιά δεν χρειάζεται εξωτερική ηλεκτρική διέγερση από το Νευρικό Σύστημα. Έχει τον δικό της ανεξάρτητο μηχανισμό παραγωγής ηλεκτρικών διεγέρσεων μέσω μιας περιοχής της καρδιάς που ονομάζεται φλεβόκομβος ή φυσικός βηματοδότης
- Το Νευρικό Σύστημα μπορεί να ρυθμίσει τον ρυθμό της καρδιάς, αλλά οι καρδιακοί παλμοί παράγονται από τον φλεβόκομβο και μόνο.
- Αντίθετα, για να λειτουργήσουν οι σκελετικοί και οι λείοι μύες χρειάζονται διέγερση από το κινητικό νευρικό σύστημα
- Τα μυοκαρδιακά κύτταρα ενώνονται μεταξύ τους μέσω ιοντικών καναλιών που επιτρέπουν την κίνηση των ιόντων από το ένα κύτταρο στο άλλο, και άρα την μετάδοση των ηλεκτρικών διεγέρσεων από το ένα κύτταρο στο άλλο
- Τα μυοκαρδιακά κύτταρα του φλεβόκομβου δεν συστέλλονται, αλλά μπορούν αυθόρμητα να παράγουν ηλεκτρικούς παλμούς
- Τα υπόλοιπα μυοκαρδιακά κύτταρα μπορούν να συστέλλονται υπό την επίδραση ηλεκτρικών παλμών αλλά και να μεταδίδουν τους παλμούς στα γειτονικά τους κύτταρα



(b)

© 2011 Pearson Education, Inc.

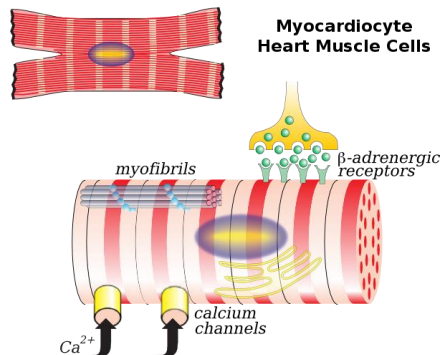
Πηγή:

http://droualb.faculty.mjc.edu/Course%20Materials/Physiology%20101/Chapter%20Notes/Fall%202011/chapter_13%20Fall%202011.htm

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικό δράσης στα καρδιακά μυϊκά κύτταρα

- Το δυναμικό ηρεμίας στα **μυοκύτταρα του φλεβόκομβου** είναι $\approx -60\text{mV}$.
- Όταν ένα μυοκύτταρο του φλεβόκομβου διεγερθεί, τότε ανοίγουν τα κανάλια Na^+ με αποτέλεσμα να εισέρχεται εντός του κυττάρου Na^+ . Το δυναμικό αυξάνεται σταδιακά και μόλις φθάσει τα $\approx -40\text{mV}$ (κατώφλι) τότε ανοίγουν ειδικές αντλίες που επιτρέπουν την είσοδο ιόντων Ca^{++} εντός του κυττάρου αυξάνοντας περαιτέρω το δυναμικό στα $\approx +30\text{mV}$
- Κατόπιν, ανοίγουν τα κανάλια του K^+ με αποτέλεσμα να εξέρχεται το K^+ προς τα έξω ώστε να αποκατασταθεί το δυναμικό ηρεμίας
- Στο τέλος, υπάρχει μια ακόμα αντλία, η αντλία Na^+/K^+ , που εξάγει το Na^+ και εισάγει το K^+ ώστε να αποκατασταθεί η αρχική συγκέντρωση των δύο ιόντων στην κατάσταση του δυναμικού ηρεμίας. Η αντλία αυτή επιτρέπει την είσοδο $\approx 3 \text{K}^+$ και την έξοδο $\approx 2 \text{Na}^+$



Πηγή:

https://en.wikipedia.org/wiki/Cardiac_muscle_cell

Εκπαιδευτική προβολή: Δυναμικό δράσης καρδιακών κυττάρων

<https://www.youtube.com/watch?v=v7Q9BrNflpQ>

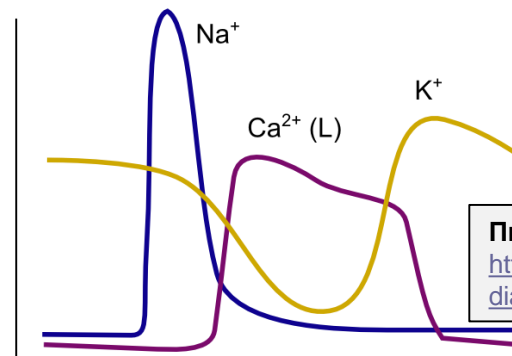
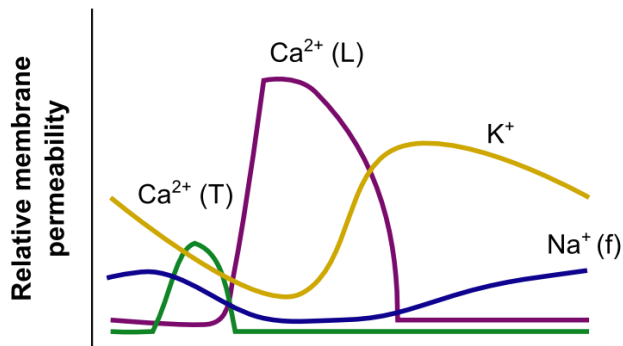
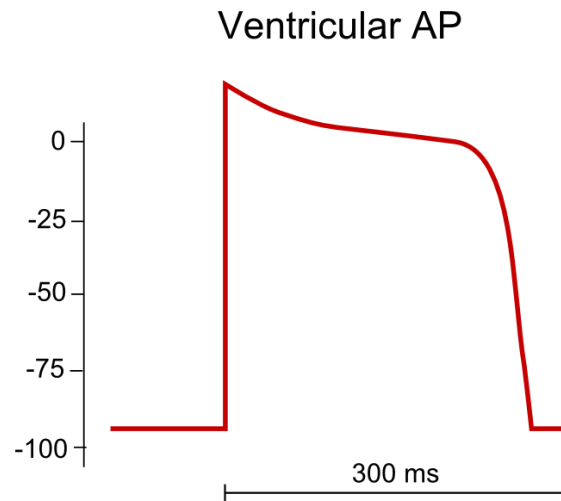
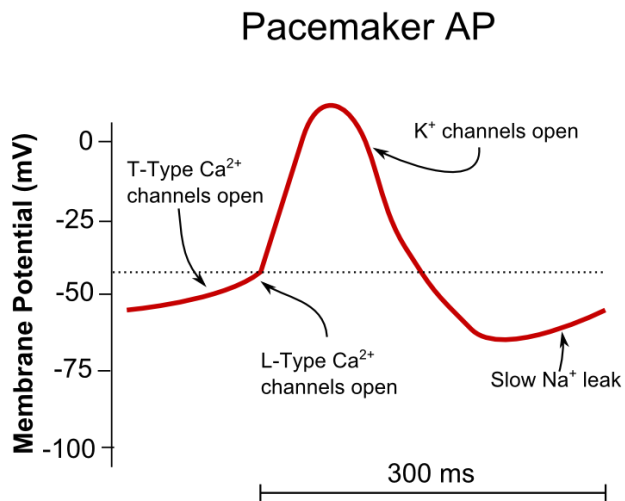
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικό δράσης στα καρδιακά μυϊκά κύτταρα

- Το δυναμικό ηρεμίας στα **υπόλοιπα μυοκύτταρα** της καρδιάς είναι $\approx -90\text{mV}$.
- Όταν ένα μυοκύτταρο διεγερθεί, τότε στο εσωτερικό του υπάρχει περίσσεια ιόντων Na^+ και Ca^{++}
- Τα ιόντα αυτά διοχετεύονται στο επόμενο κύτταρο μέσω ειδικών ιοντικών καναλιών που συνδέουν τα κύτταρα, αυξάνοντας ελαφρά το δυναμικό στα $\approx -70\text{mV}$ (κατώφλι)
- Σε αυτή την τιμή δυναμικού ενεργοποιούνται τα κανάλια Na^+ , με αποτέλεσμα να εισέρχεται εντός του κυττάρου ιόντα Na^+ . Ανοίγουν επίσης και ειδικές αντλίες που επιτρέπουν την είσοδο ιόντων Ca^{++} εντός του κυττάρου αυξάνοντας περαιτέρω το δυναμικό στην μέγιστη θετική τιμή του
- Κατόπιν, ανοίγουν τα κανάλια του K^+ με αποτέλεσμα να εξέρχεται το K^+ προς τα έξω ελαττώνοντας λίγο την τιμή του δυναμικού, η οποία, όμως, συνεχίζει να παραμένει σε θετικές τιμές. Όμως, ταυτόχρονα τα κανάλια Ca^{++} παραμένουν ανοικτά με αποτέλεσμα το δυναμικό να παραμένει σχετικά σταθερό
- Το Ca^{++} είναι πάρα πολύ σημαντικό γιατί ενεργοποιεί τον μηχανισμό συστολής των μυοκαρδιακών κυττάρων, ο οποίος περιλαμβάνει περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης του Ca^{++} που χρειάζεται για την ενεργοποίηση της κίνησης της ακτίνης - μυοσίνης
- Στο τέλος, το Ca^{++} οδηγείται εκτός και άλλες αντλίες, όπως η αντλία Na^+/K^+ , αποκαθιστά το δυναμικό ηρεμίας

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικό δράσης στα καρδιακά μυϊκά κύτταρα



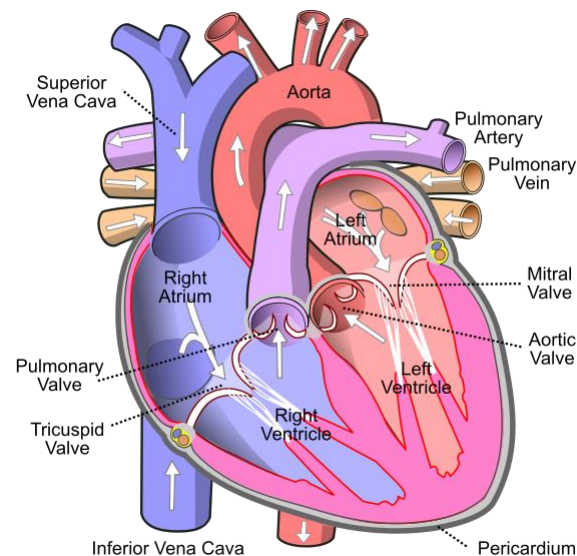
Πηγή:

<http://www.nataliescasebook.com/tag/cardiac-action-potentials>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Καρδιά

- **Καρδιακός ρυθμός:** Ο καρδιακός ρυθμός αποτελεί ένα κύκλο διαδικασιών που έχει να κάνει με
- α/ την διαστολική φάση κατά την διάρκεια της οποίας έχουμε πλήρωση των κόλπων με αίμα
- β/ την συστολική φάση κατά την διάρκεια της οποίας έχουμε συστολή των κόλπων για την προώθηση του αίματος προς τις κοιλίες και συστολή των κοιλιών για την προώθηση του αίματος στην μεγάλη κυκλοφορία (από την αριστερή κοιλία προς όλο το σώμα) και στην μικρή κυκλοφορία (από την δεξιά κοιλία προς τους πνεύμονες)
- Το ερέθισμα για την έναρξη του καρδιακού κύκλου το δίνει ο φλεβόκομβος ο οποίος δημιουργεί ένα ηλεκτρικό παλμό που προκαλεί την συστολή των καρδιακών μυών. Βρίσκεται στον δεξιό κόλπο κάτω από την άνω κοίλη φλέβα



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Circulatory_system#Heart

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

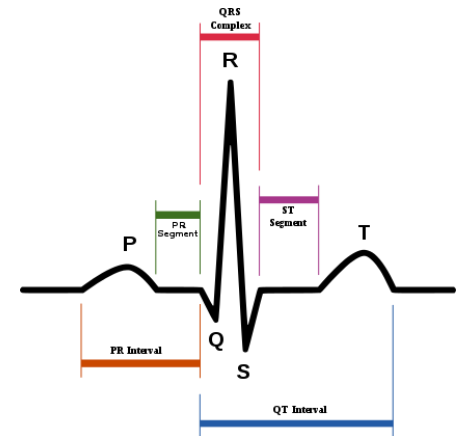
Καρδιά

- Ηλεκτροκαρδιογράφος:

- Η μελέτη του καρδιακού κύκλου γίνεται με ειδική συσκευή που ονομάζεται ηλεκτροκαρδιογράφος. Καταγράφει τον καρδιακό κύκλο τοποθετώντας ειδικά ηλεκτρόδια στο σώμα. Το σήμα που μετράει ο ηλεκτροκαρδιογράφος περιλαμβάνει τις εξής περιοχές:

- P: εκκίνηση της συστολής των κόλπων, όταν αυτοί γεμίσουν με αίμα
- Q: έναρξη της συστολής των κοιλιών
- R: μέγιστο κοιλιακής συστολής
- S: τελικό στάδιο κοιλιακής συστολής
- T: επαναφορά των κοιλιών (χαλάρωση)

- Ο καρδιακός κύκλος είναι χρονικά προκαθορισμός. Η μελέτη του καρδιακού κύκλου είναι ενδεικτική της κατάστασης υγείας της καρδιάς. Όταν διαταράσσεται ο καρδιακός κύκλος Προκύπτουν διάφορες παθολογικές καταστάσεις όπως οι αρρυθμίες (ταχυκαρδία, βραδυκαρδία, μαρμαρυγή) και ποιο σοβαρές καταστάσεις όπως ο ινιδισμός. Ο φυσιολογικός καρδιακός κύκλος είναι 60-100 παλμούς το λεπτό και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η ηλικία, η φυσική κατάσταση, το κάπνισμα, οι συναισθηματικές συνθήκες κ.α.



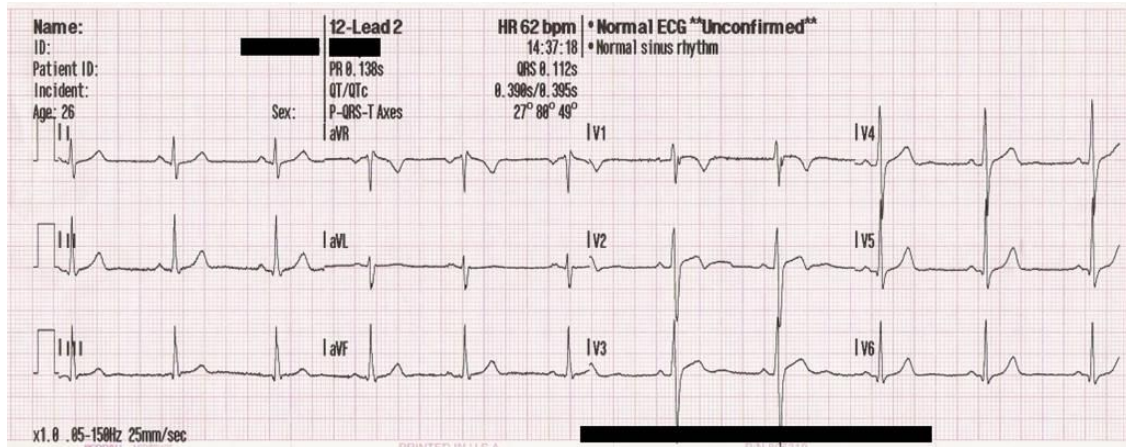
Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Circulatory_system#Heart

Εκπαιδευτική προβολή: Καρδιογράφημα
<https://www.youtube.com/watch?v=RYZ4daFwMa8>

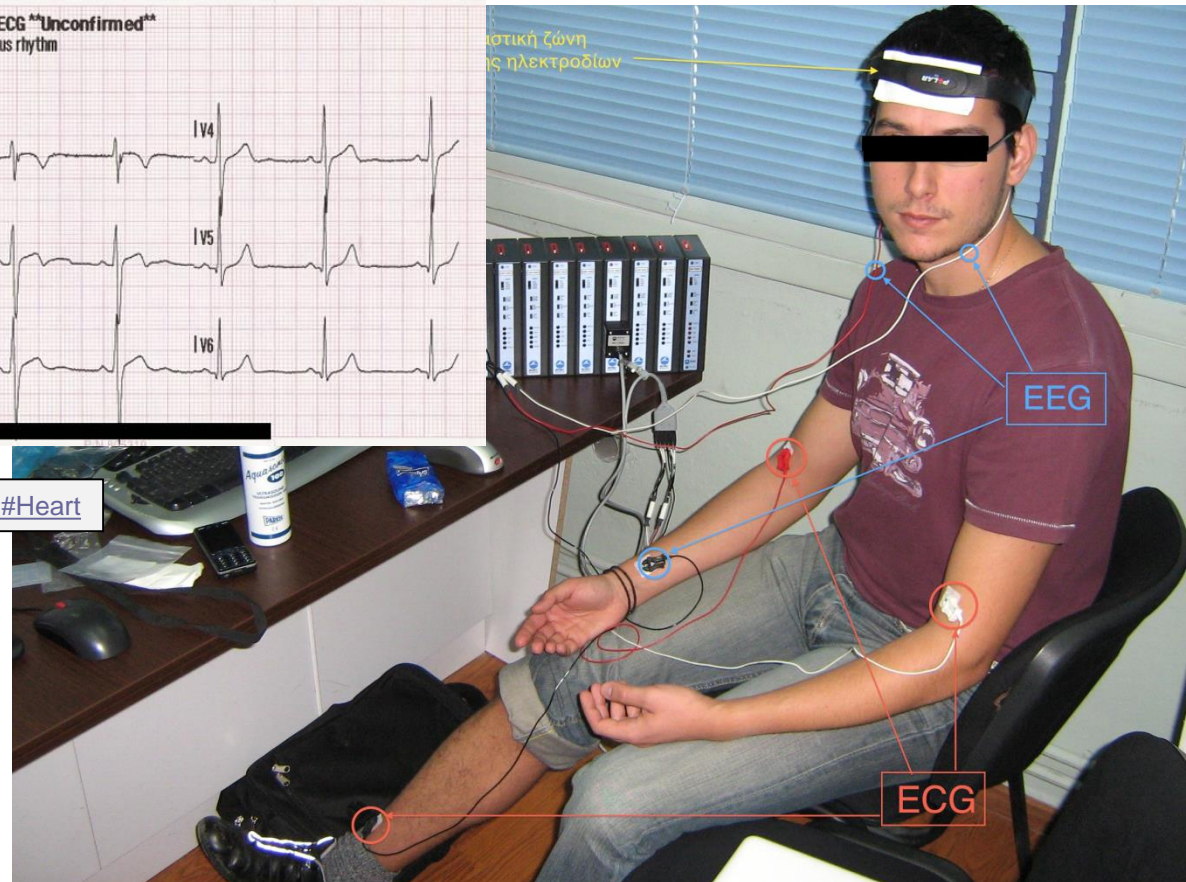
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Καρδιά

- Ηλεκτροκαρδιογράφος:



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Circulatory_system#Heart



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δυναμικά μεμβράνης

2. Δυναμικά στα νευρικά κύτταρα

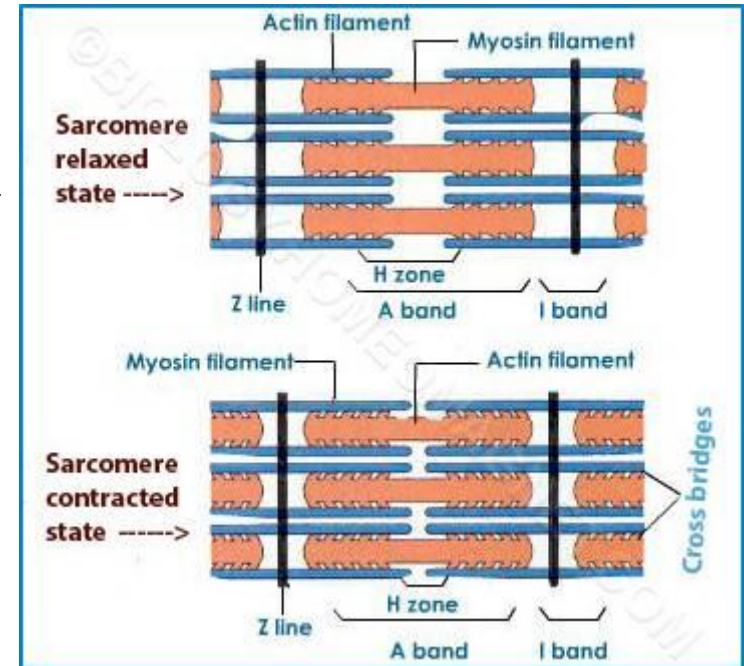
3. Δυναμικά στα μυοκαρδιακά κύτταρα

4. Δυναμικά στους σκελετικούς μύες

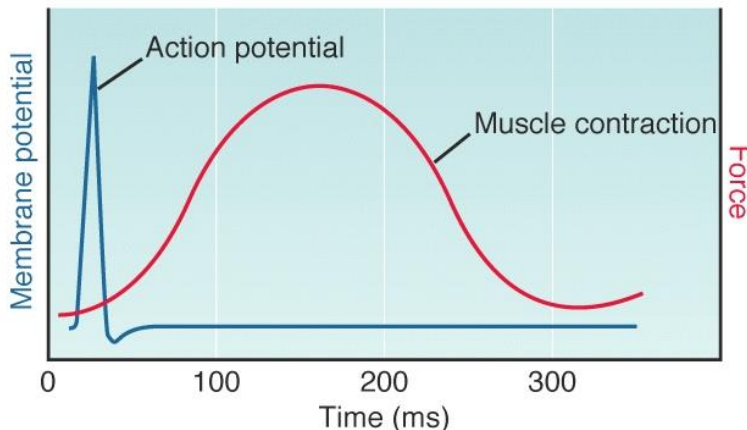
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Δυναμικό δράσης στους σκελετικούς μύες

- Όταν ο σκελετικός μυς δεχθεί ηλεκτρικό σήμα ενεργοποιείται ένα δυναμικό δράσης στα μυϊκά κύτταρα ανοίγοντας τα κανάλια Na^+ και K^+
- Το δυναμικό δράσης μεταδίδεται και οδηγείται σε ειδικές περιοχές του μυός ενεργοποιώντας ένα μηχανισμό απελευθέρωσης ιόντων Ca^{++}
- Τα ιόντα Ca^{++} ενεργοποιούν τον μηχανισμό της συστολής των μυών
- Η συστολή των μυών προκαλείται με μια μικρή καθυστέρηση σε σχέση με το δυναμικό δράσης



(a) Skeletal muscle



Πηγή: <https://biology.homeomagnet.com/muscle-contraction/>

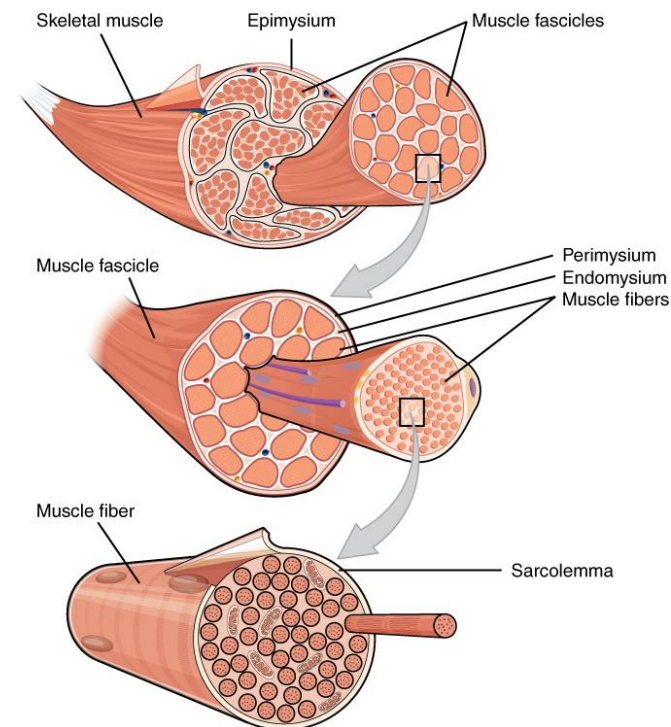
Πηγή:

<http://www.allometric.com/tom/courses/protected/ECK/CH12/figure-12-07a.jpg>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Σκελετικοί και λείοι μύες

- Οι σκελετικοί και οι λείοι μύες αποτελούνται από δεκάδες μέχρι μερικές χιλιάδες μυϊκές ίνες που είναι κύτταρα σχετικά μεγάλου μήκους
- Ο μηχανισμός στην συστολής βασίζεται σε δύο πρωτεΐνες, την ακτίνη και την μυοσίνη,
- Οι μύες ενώνονται με τα οστά μέσω ειδικών ινώδων ιστών που ονομάζονται τένοντες
- Οι μυϊκές ίνες μπορούν να διεγερθούν από το κινητικό νευρικό σύστημα και να βραχυνθούν
- Οι σκελετικοί μύες είναι εκούσιοι, δηλαδή μπορούμε συνειδητά να τους ελέγξουμε, ενώ οι λείοι μύες είναι ακούσιοι, δηλαδή ελέγχονται αυτόματα από το νευρικό σύστημα

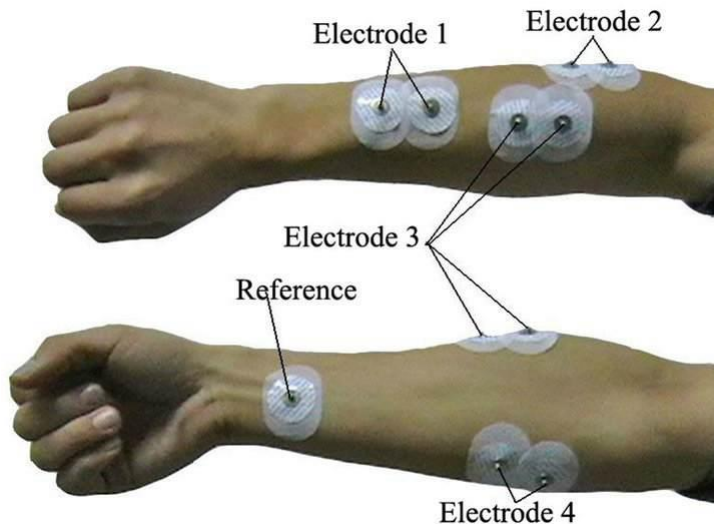


Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Muscle>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Σκελετικοί και λείοι μύες

- Ηλεκτρομυογράφος
- Με τον ηλεκτρομυογράφο μπορούμε να καταγράψουμε την λειτουργία και την κατάσταση των σκελετικών μυών



Πηγή: <http://file.scirp.org/Html/2-70246/8338401c-e45b-4116-86c1-39836a2dd51b.jpg>



Πηγή: <https://www.datasci.com/products/software/ponemah/analysis-modules/diaphragmatic-electromyogram>

ΓΛΩΣΣΑΡΙ - ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ

Πηγή: Διαδικτυακή πηγή από την οποία ανακτήθηκαν τα δεδομένα (π.χ. εικόνες, γραφήματα, πίνακες)

Εκπαιδευτική προβολή: Διαδικτυακό βίντεο που περιγράφει βασικές αρχές λειτουργίας και εφαρμογές

Ασκήσεις: Άλυτες ασκήσεις για μελέτη στο σπίτι