



Βιοϊατρική τεχνολογία

Ενότητα 6: Νευρικό & μυϊκό σύστημα (Part II)
Ηλεκτρομυογράφημα

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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

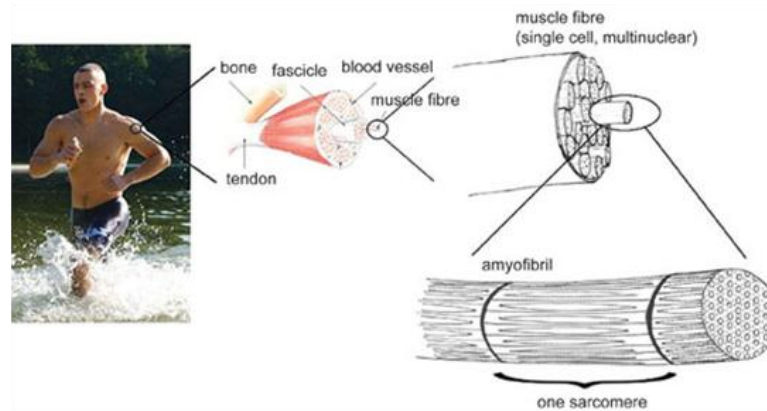
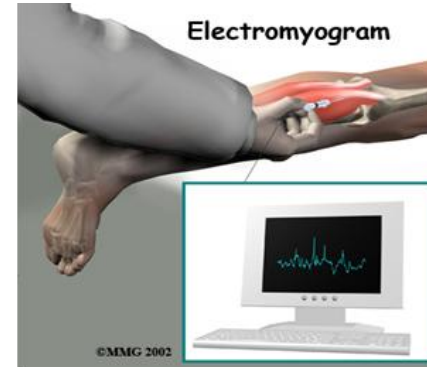
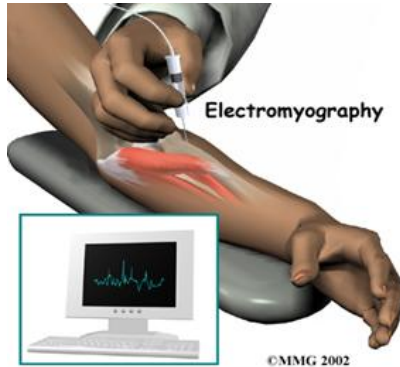


ΣΚΟΠΟΣ

- Μετάδοση σήματος μεταξύ κυττάρων.
- Κυτταρική σύναψη.
- Μυϊκό σύστημα.
- Νευρομυϊκές συνδέσεις.
- Νευροδιαβιβαστές και φάρμακα.
- Ηλεκτρομυογράφημα.
- Καταγραφή και επεξεργασία ηλεκτρομυογραφήματος.



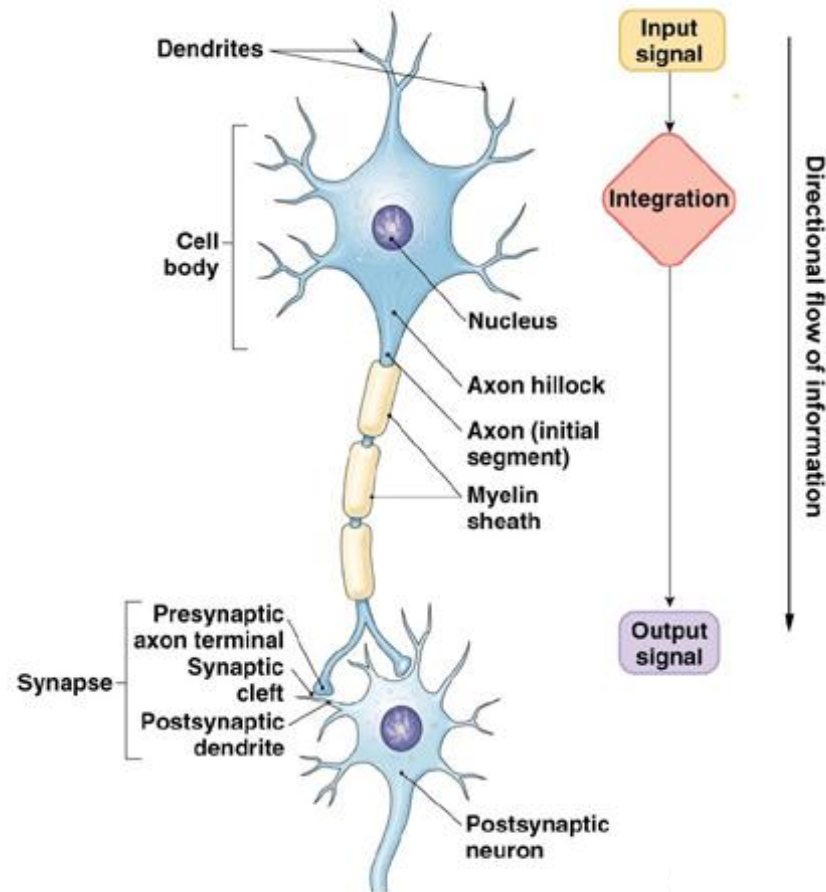
Ηλεκτρομυογράφημα



Σοφία Μπέλλου, sbellou@uowm.gr



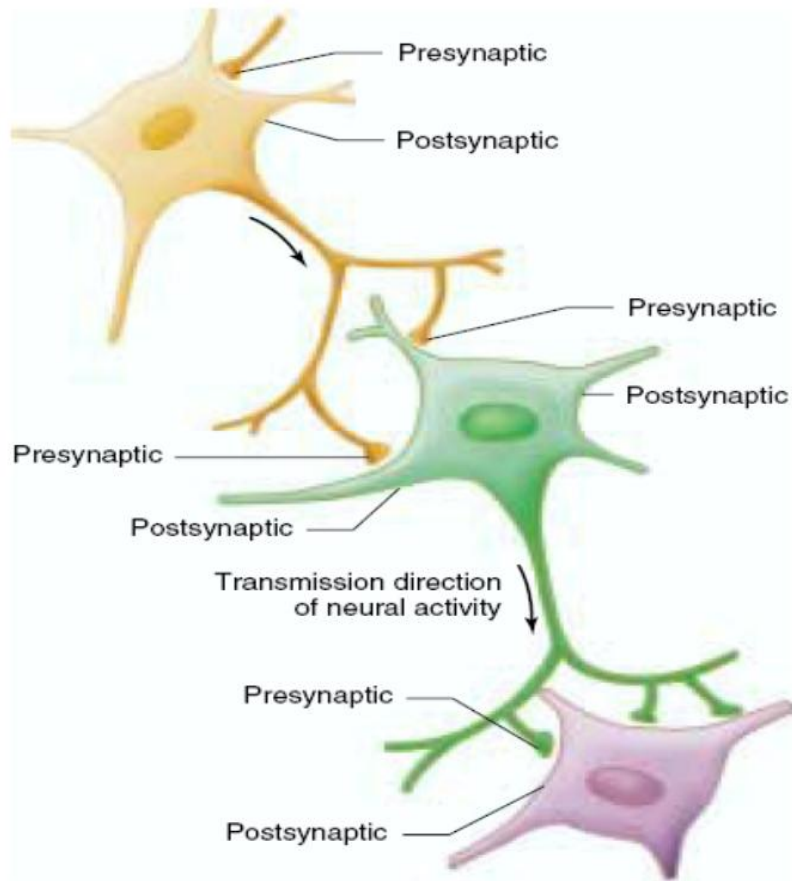
Μετάδοση της πληροφορίας



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

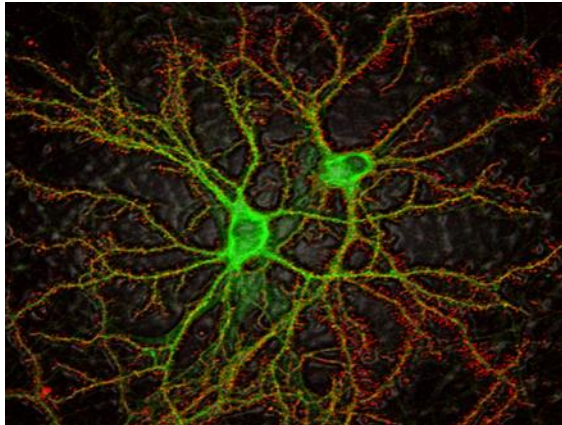


Προσυναπτικό (Presynaptic) και μετασυναπτικό (Postsynaptic) νευρικό κύτταρο

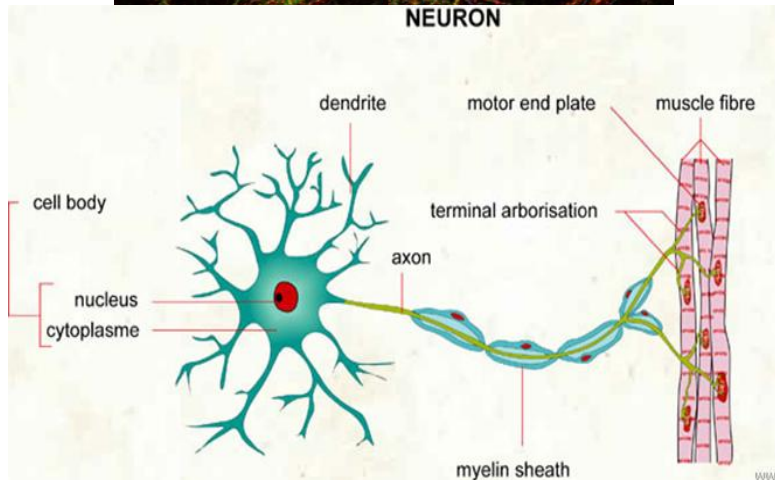


- **Προσυναπτικό:** Μεταφέρει σήμα – πληροφορία προς το κύτταρο.
- **Μετασυναπτικό:** Άγει το σήμα από το κύτταρο.
- **One way valve function:** Μόνο από το προσυναπτικό στο συναπτικό κύτταρο και όχι αντίστροφα.

Άξονες-Δενδρίτες



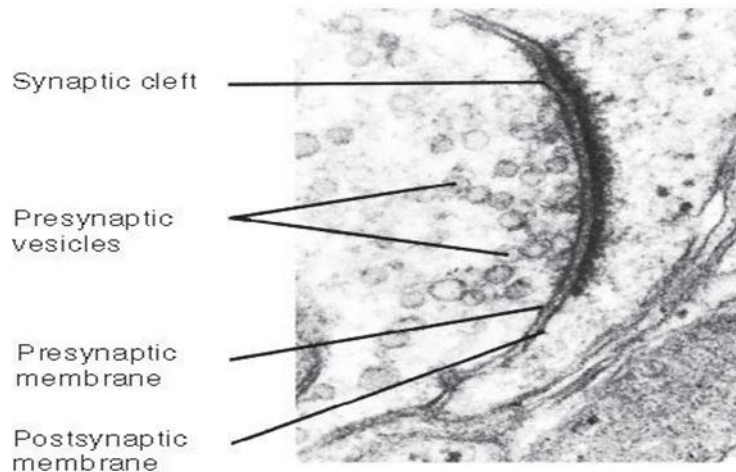
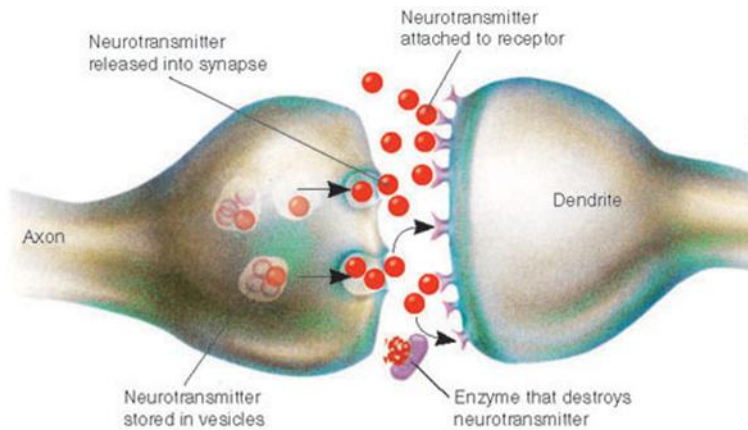
NEURON



- Οι **άξονες** μεταδίδουν πληροφορίες από τον έναν νευρώνα στον άλλον.
- Οι **δενδρίτες** προσλαμβάνουν την πληροφορία που μεταδίδεται από τους άξονες άλλων νευρώνων.
- Τόσο οι άξονες όσο και οι δενδρίτες **συμμετέχουν στο σχηματισμό** ειδικών σημείων επαφής που ονομάζονται συνάψεις.



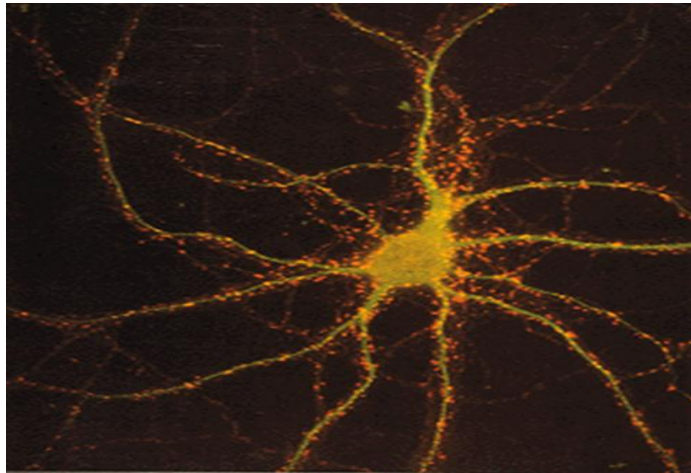
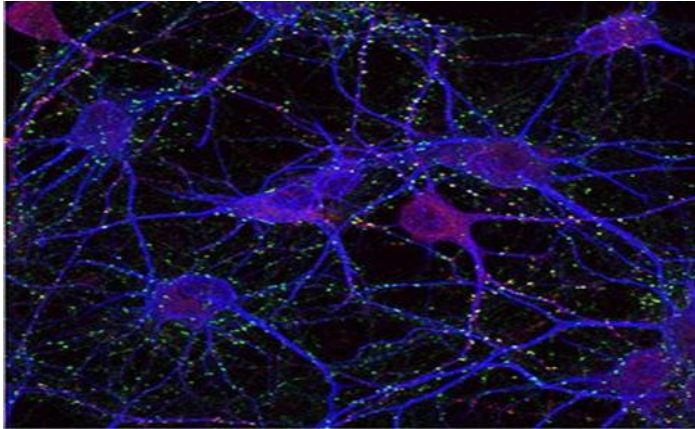
Σύναψη



- **Σύναψη:** Συγκεκριμένη θέση μετάδοσης σήματος.
- **Προσυναπτικό κύτταρο:** Μεταφέρον κύτταρο.
- **Μετασυναπτικό κύτταρο:** Κύτταρο – αποδέκτης.
- **Συναπτική σχισμή:** Χωρίζει το προσυναπτικό από το μετασυναπτικό κύτταρο. Δεν τη διαπερνά το ηλεκτρικό ρεύμα.



Νευρώνες - Συνάψεις



Στον εγκέφαλο υπάρχουν:

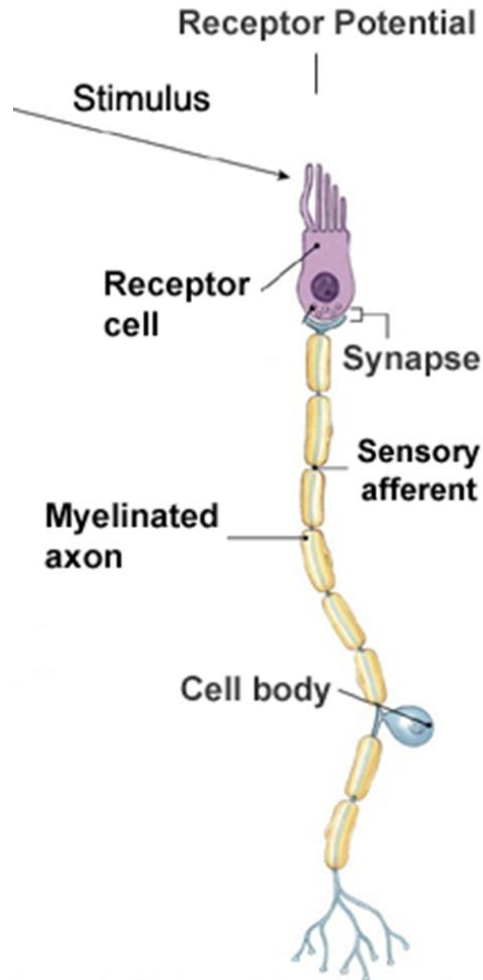
- 100 δισεκ. Νευρώνες.
- 100 τρισεκ. Συνάψεις.

Κάθε νευρώνας ενώνεται με 1000 νευρώνες.

Οι συνάψεις δημιουργούνται μεταξύ:

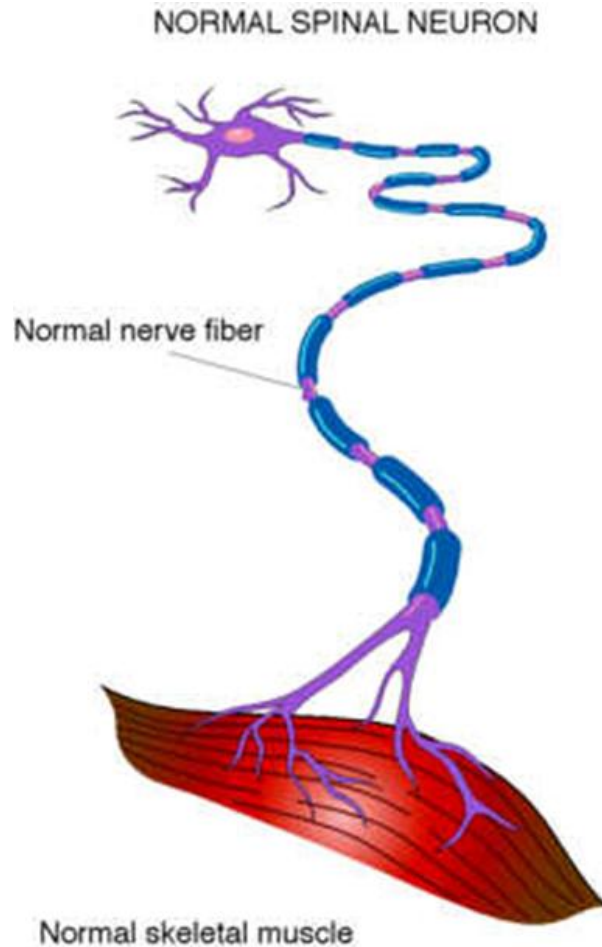
- **Απολήξεων του άξονα** του ενός νευρώνα και του **κυτταρικού σώματος ή δενδρίτη** του δεύτερου.
- **Των δενδριτών.**
- **Δενδρίτη και κυτταρικού σώματος.**
- **Δύο απολήξεων αξόνων.**

Είδη λειτουργικών νευρώνων (1/4)



1. **Αισθητικοί - προσαγωγοί νευρώνες (Sensory - afferent neurons):**
 - Μετατρέπουν το εξωτερικό ερέθισμα (**φως, ήχος, μηχανική πίεση, χημικά**) σε εσωτερικό ηλεκτρικό ερέθισμα, ώστε να προκαλέσουν δυναμικό ενέργειας.
 - **Μεταφέρουν πληροφορία** από τους ιστούς και τα όργανα στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ).
 - Ο αισθητικός υποδοχέας είναι ο πρώτος νευρώνας σε κάθε αισθητική οδό.

Είδη λειτουργικών νευρώνων (2/4)



2. Κινητικοί – απαγωγοί νευρώνες (Motor neurons):

- Μεταφέρουν ηλεκτρικά σήματα από το ΚΝΣ προς τους μύες.
- Σχηματίζουν συνάψεις με τις **μυϊκές ίνες** με σκοπό να μεταβιβάσουν πληροφορίες από το ΚΝΣ τις οποίες μετατρέπουν σε μυϊκή δράση.
- Το σώμα και οι δενδρίτες τους βρίσκονται **μέσα στο ΚΝΣ**, αλλά οι άξονες τους εκτείνονται **στην περιφέρεια**.

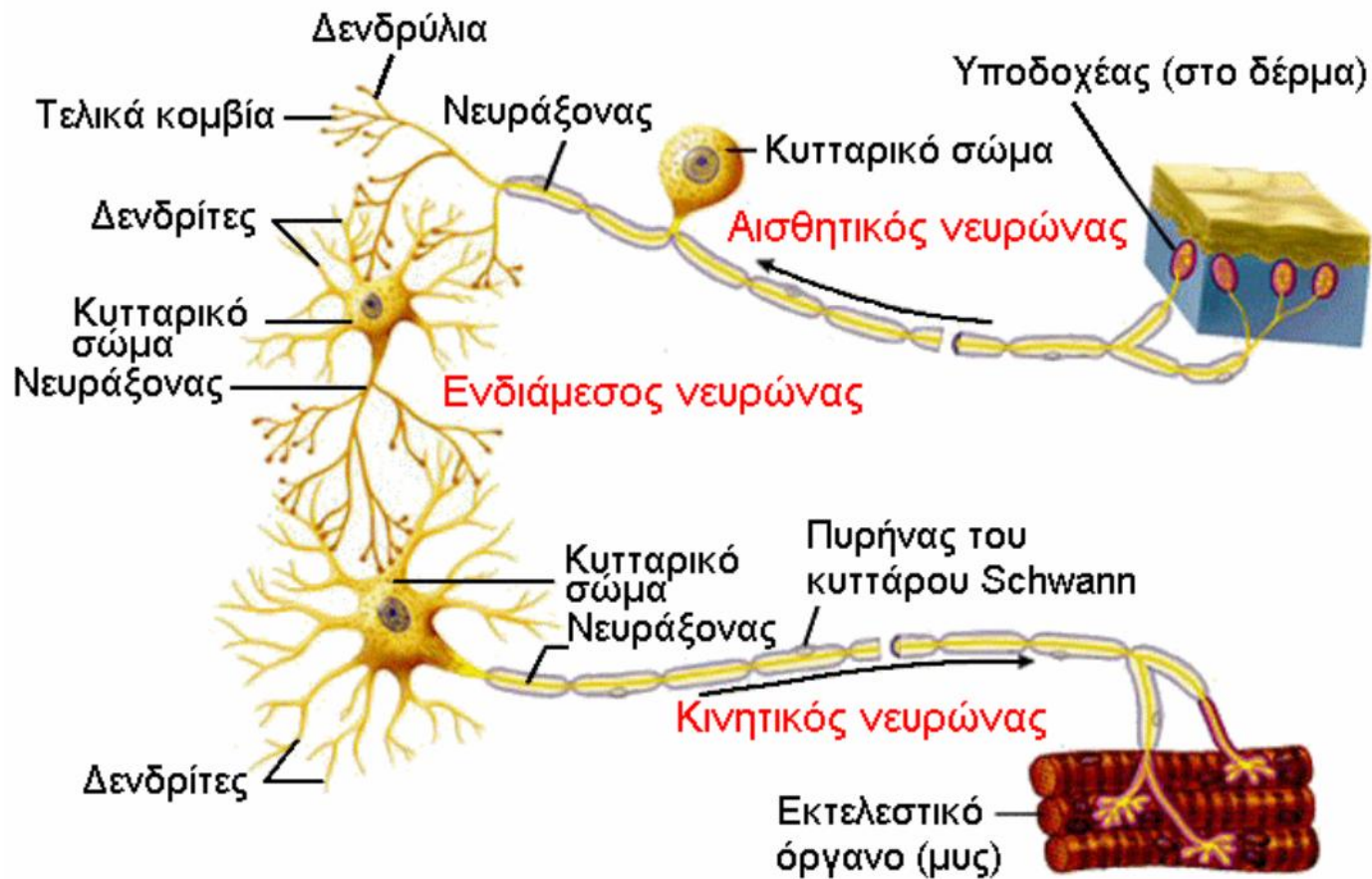
Είδη λειτουργικών νευρώνων (3/4)

3. Διανευρώνες – Ενδιάμεσοι νευρώνες (Interneurons):

- Συνδέουν του απαγωγούς και προσαγωγούς νευρώνες.
- Αποτελούν περίπου το 99% όλων των νευρώνων.
- Σε κάθε αισθητικό - προσαγωγό νευρώνα που εισέρχεται στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα αντιστοιχούν περίπου 10 κινητικοί – απαγωγοί νευρώνες και 200.000 διανευρώνες.



Είδη λειτουργικών νευρώνων (4/4)



Πώς επικοινωνούν οι νευρώνες;

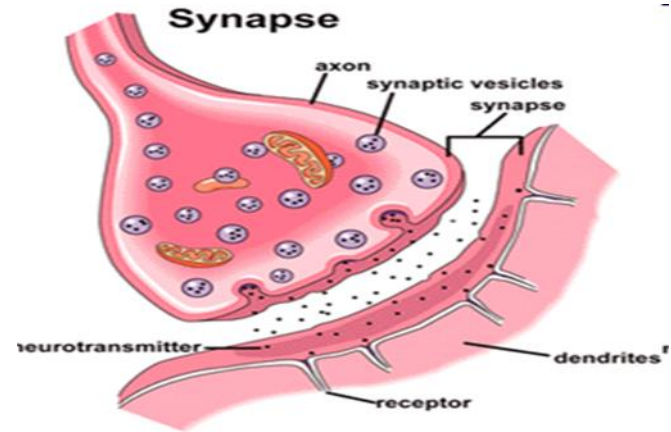
- Η δραστηριότητα όλων των νευρώνων είναι ηλεκτρική και χημική.
- Οι νευρώνες επικοινωνούν με χημικές και ηλεκτρικές συνάψεις (διαδικασία γνωστή ως συναπτική διαβίβαση).
- Η θεμελιώδης διαδικασία που προκαλεί τη συναπτική διαβίβαση είναι το **ενεργό δυναμικό ή δυναμικό ενέργειας**.
- **Ενεργό δυναμικό** ονομάζεται το μετακινούμενο κύμα ηλεκτρικής διέγερσης. Μεταφέρει ένα μήνυμα χωρίς εξασθένιση, από το ένα άκρο του νευρώνα στο άλλο με ταχύτητα που φθάνει τα 100m/sec.



Είδη συνάψεων

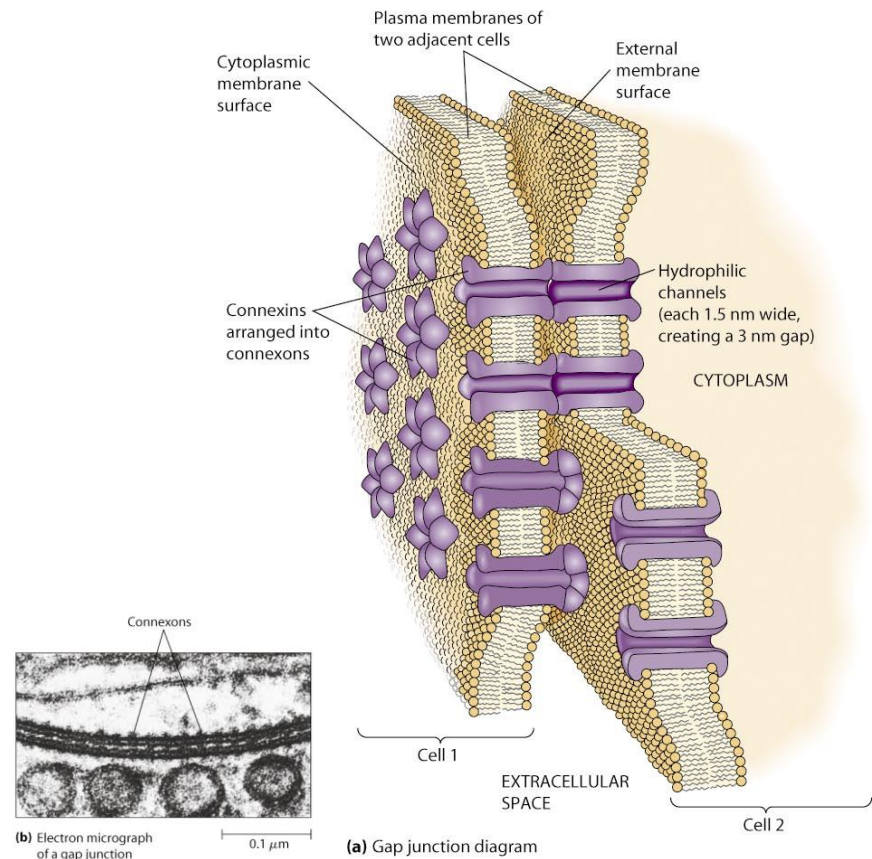
Είδη συνάψεων:

- **Ηλεκτρική:** Τα κύτταρα επικοινωνούν με άμεση διέλευση του ρεύματος.
- **Χημική:** Η μεταφορά ηλεκτρικών σημάτων γίνεται με την απελευθέρωση νευροδιαβιβαστικής ουσίας (νευρομυϊκή σύναψη).



Ηλεκτρική σύναψη - Electrical synapse (1/3)

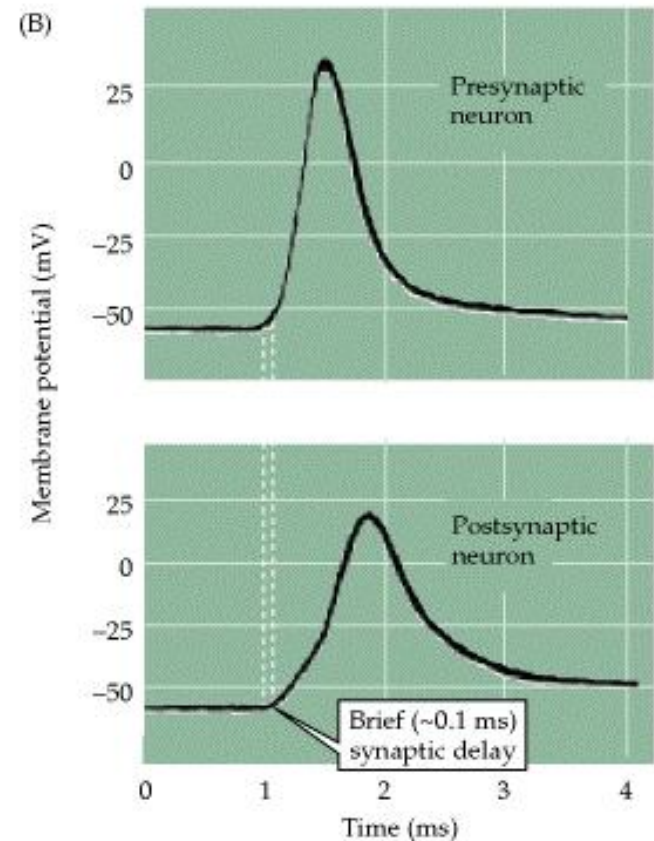
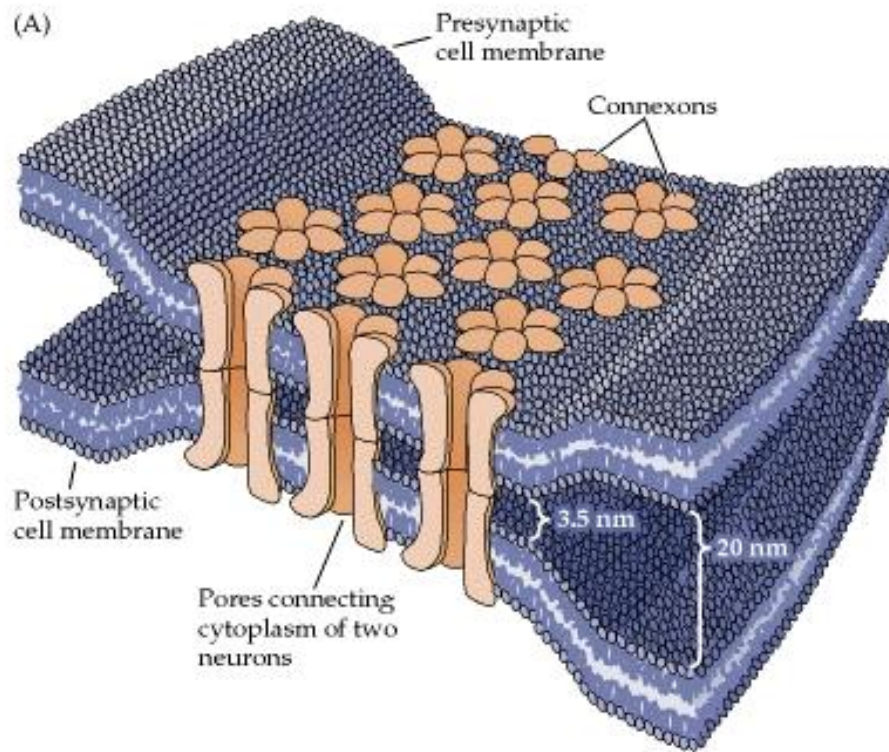
- Αποτελούν μειονότητα στο νευρικό σύστημα του ανθρώπου.
- Μεταξύ νευρώνων, καρδιακών και ηπατικών κυττάρων.
- Η μεταβολή στο μεμβρανικό δυναμικό του προσυναπτικού κυττάρου μεταφέρεται στο μετασυναπτικό κύτταρο με άμεση ροή ρεύματος.
- **Χασματοσυνδέσεις (Gap junctions):** Επιτρέπουν τη διακίνηση ιόντων, με μικρή αντίσταση, από το ένα κύτταρο στο άλλο.



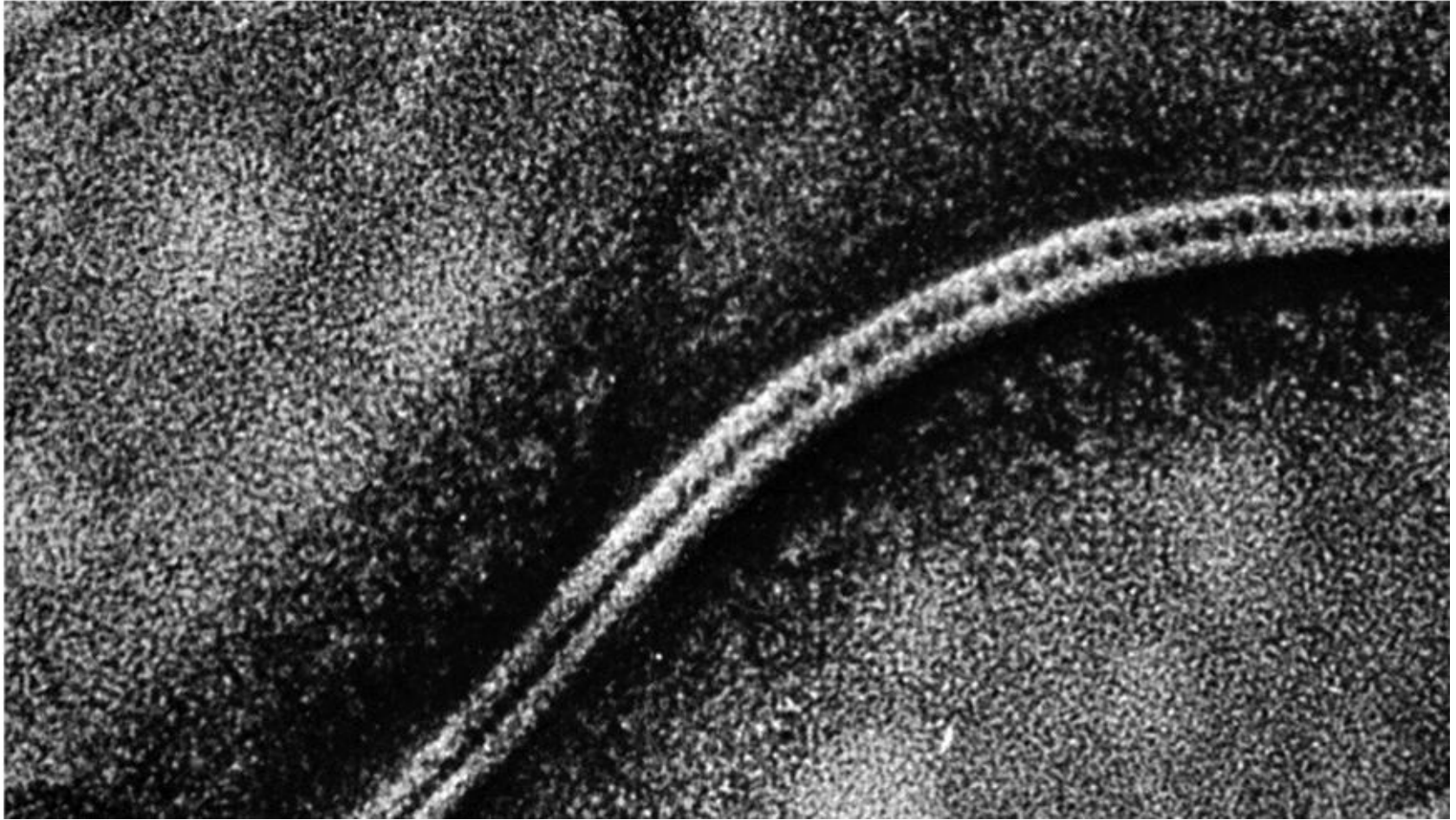
<http://www.mun.ca/biology/desmid/brian/BIOL2060/BIOL2060-17/1711.jpg>



Ηλεκτρική σύναψη - Electrical synapse (2/3)



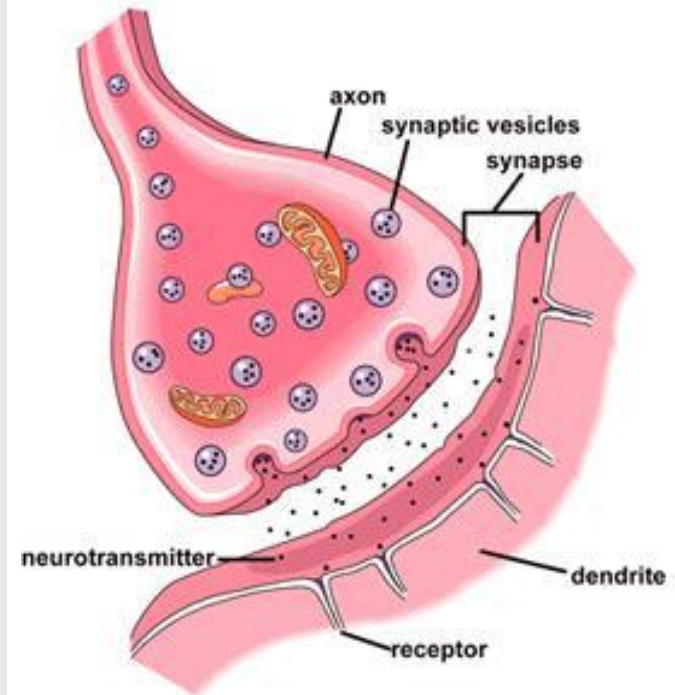
Ηλεκτρική σύναψη - Electrical synapse (3/3)



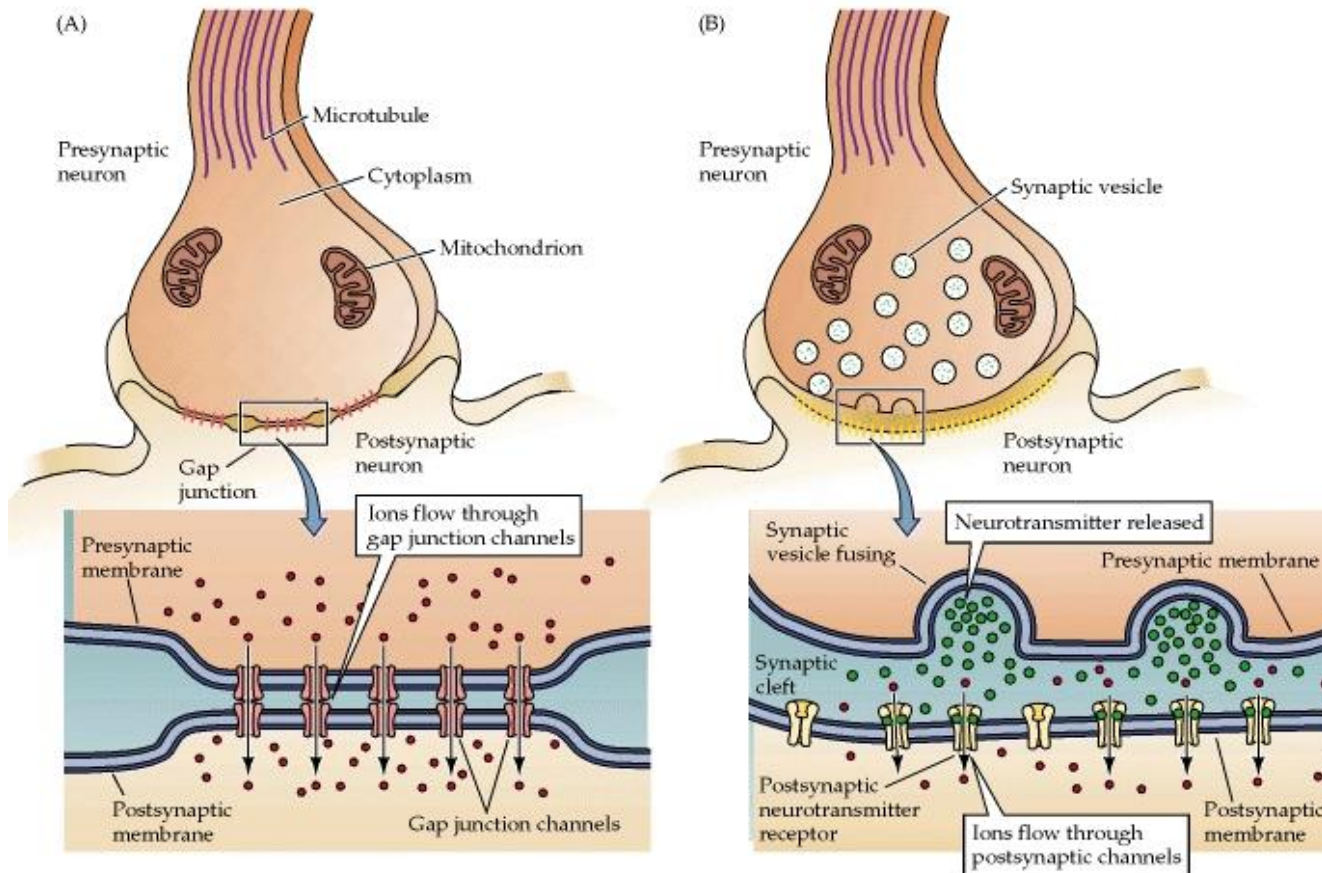
Χημική σύναψη - Chemical synapse (1/2)

Η κύρια μορφή συναπτικής επικοινωνίας στον εγκέφαλο.

- **Δεκαετία 1930:** Κάποια χημική ουσία που απελευθερώνεται από τον προσυναπτικό νευρώνα προκαλεί την έναρξη ροής ρεύματος στο μετασυναπτικό κύτταρο.
- Ένα δυναμικό ενέργειας προκαλεί την απελευθέρωση νευροδιαβιβαστικής ουσίας από τον προσυναπτικό νευρώνα.
- Ο διαβιβαστής προκαλεί το άνοιγμα ή το κλείσιμο διαύλων ιόντων του μετασυναπτικού κυττάρου.



Χημική σύναψη - Chemical synapse (2/2)



<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=neurosci&part=A318&rendertype=figure&id=A319>



Μυϊκή συστολή



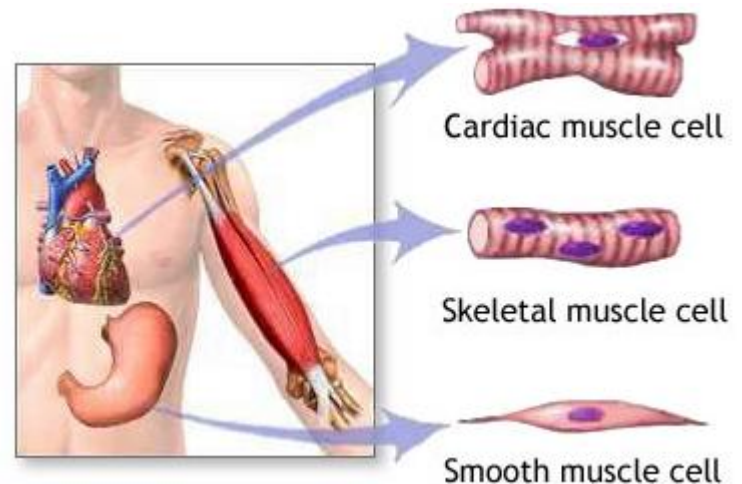
Τύποι μυϊκού ιστού (1/2)

1. Γραμμωτοί ή Σκελετικοί μύες – Skeletal muscle (40% του σωματικού βάρους):

- Πραγματοποιούν σύσπαση μόνο μετά από διέγερση από νευρικά κύτταρα.
- Προσκολλημένοι στα οστά. Κινούν τον σκελετό.
- Ο σκελετικός μύς συσπάται με τη θέληση μας .

2. Λείοι μύες – Smooth muscle:

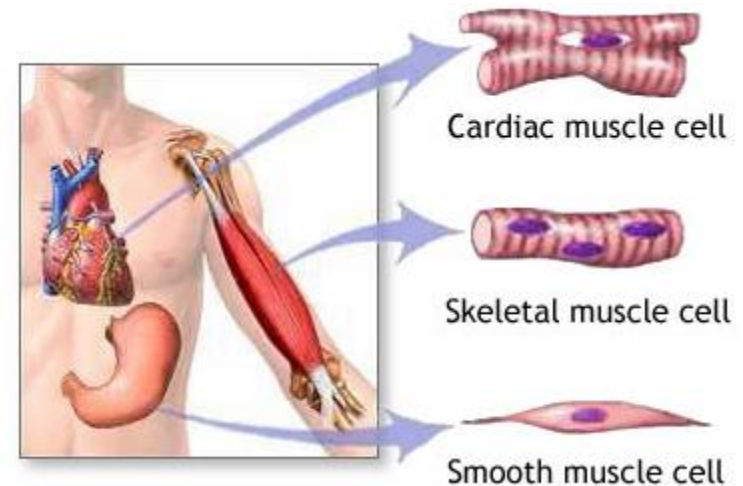
- Βρίσκονται στα εσωτερικά όργανα, όπου λαμβάνουν χώρα σχετικά αργές και ομοιόμορφες κινήσεις.
- Εκτελούν κινήσεις χωρίς να υπόκεινται στη βούληση του ανθρώπου (τοιχώματα των οργάνων του πεπτικού συστήματος, των αιμοφόρων αγγείων, των γεννητικών οργάνων και των οργάνων της ουροποιητικής οδού).
- Συστέλλονται βραδέως αλλά παρατεταμένα.



Τύποι μυϊκού ιστού (2/2)

3. Καρδιακός μυς – Cardiac muscle:

- Δεν υπακούν άμεσα στην θέληση και διακρίνονται για την ικανότητα να αντιστέκονται στην κόπωση (όπως ο σκελετικός μυς).
- Μπορούν να συσπώνονται γρήγορα και να δουλεύουν εντατικά (όπως οι λείος μυς).
- Το μυοκάρδιο συσπάται συνεχώς ρυθμικά και αόκνως. Οι μύες αυτοί ουσιαστικά στέλνουν το αίμα σε όλο το σώμα.



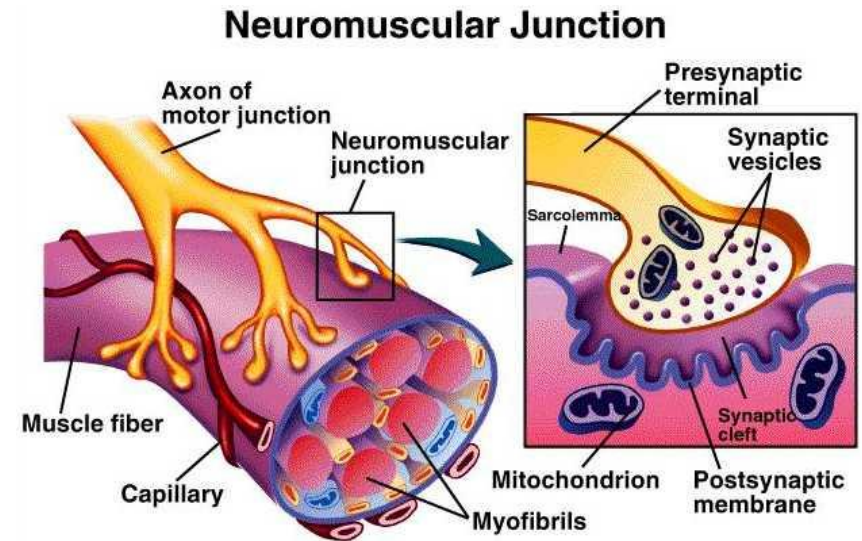
Μυϊκά δυναμικά - Βασικά χαρακτηριστικά

- **Δυναμικό μεμβράνης ηρεμίας:** Περίπου -80mV έως -90mV στις σκελετικές ίνες. Το ίδιο με τις μεγάλες εμμύελες νευρικές ίνες.
- **Διάρκεια του δυναμικού ενέργειας:** 1-5msec στους σκελετικούς μυς. Περίπου πενταπλάσια απ' όση στα μεγάλα εμμύελα νεύρα.
- **Ταχύτητα της αγωγής:** 3-5m/sec. Περίπου το 1/18 της ταχύτητας αγωγής στις μεγάλες εμμύελες νευρικές ίνες που διεγείρουν τους σκελετικούς μύες.

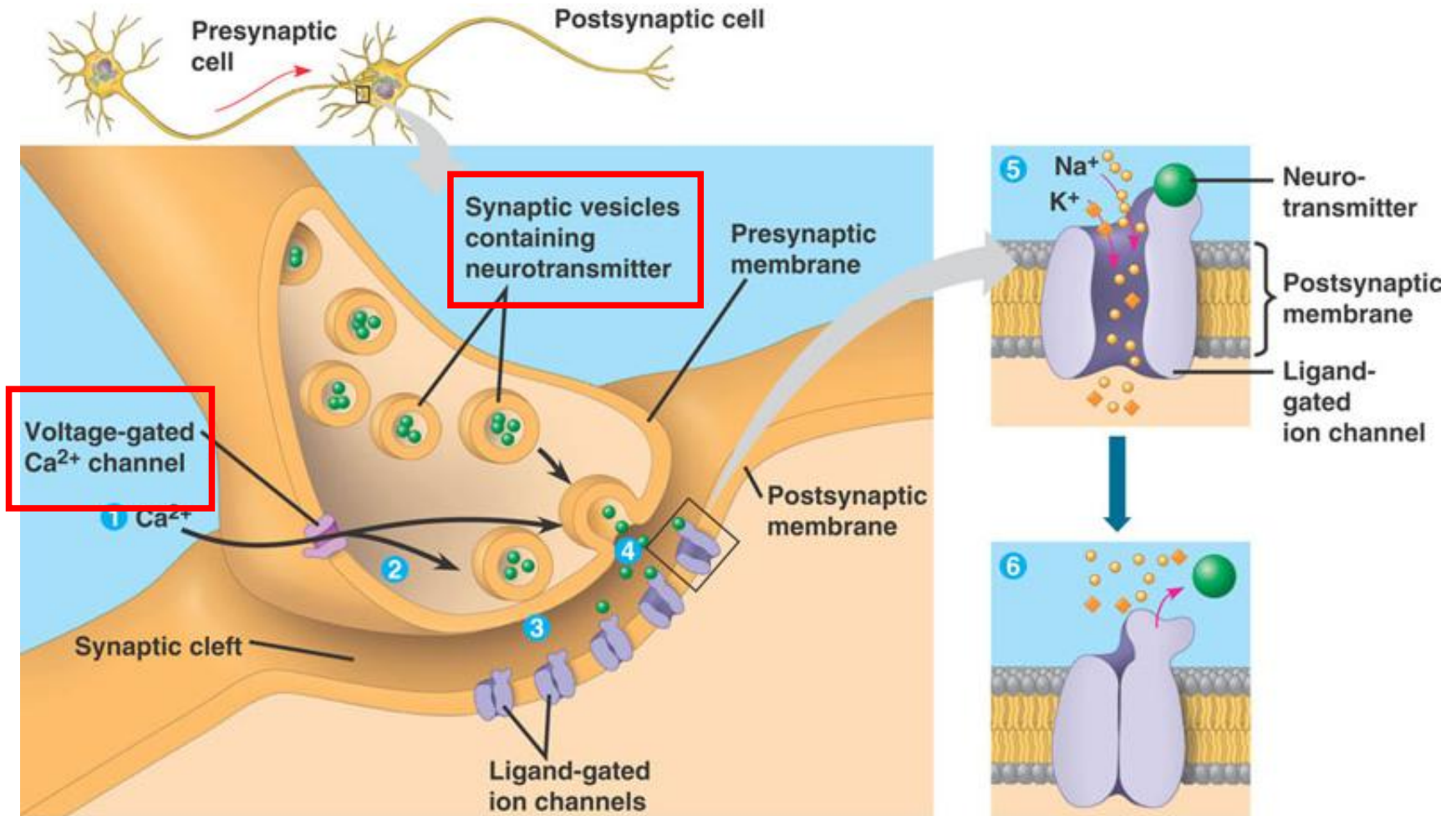


Νευρομυϊκή σύνδεση - Neuromuscular junction

- Οι σκελετικοί μύες συσπώνται **μόνο** μετά από διέγερση από νευρικά κύτταρα.
- Οι συνάψεις ανάμεσα στους νευροάξονες των κινητικών νευρώνων και στις ίνες του σκελετικού μύος ονομάζονται **νευρομυϊκές συνδέσεις**.
- Με εξαίρεση μόνο το 2% των μυϊκών ινών, σε κάθε μυϊκή ίνα υπάρχει μία μόνο νευρομυϊκή σύνδεση.



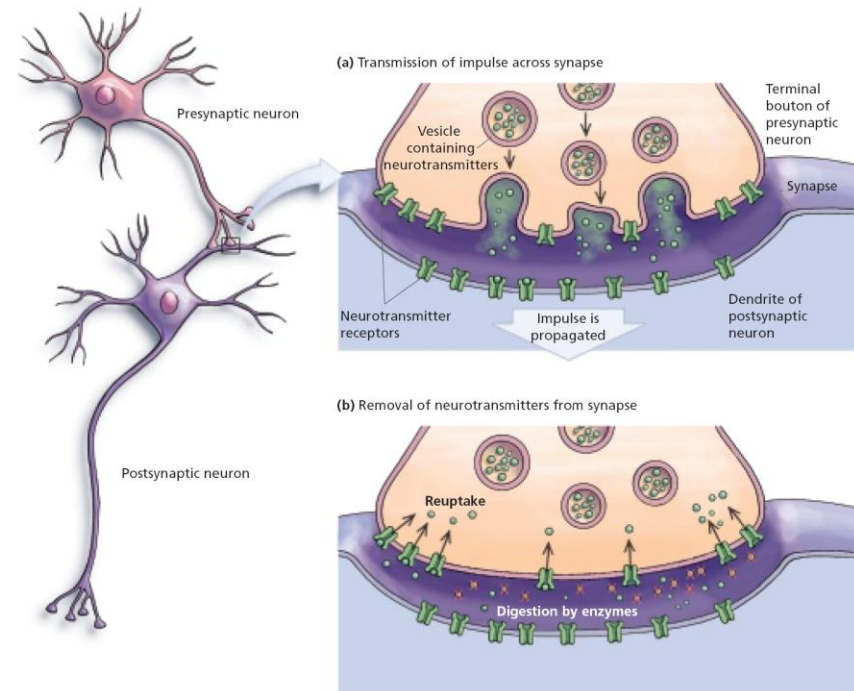
Μετάδοση του σήματος από κύτταρο σε κύτταρο



Μετάδοση του σήματος στα κύτταρα -στόχους- Νευρομυϊκή σύνδεση (1/2)

1. Το δυναμικό ενέργειας **φθάνει** στη νευρική απόληξη.
2. Η κυτταρική μεμβράνη **εκπολώνεται** τοπικά και **ιοντικοί διάυλοι Ca^{2+} ανοίγουν**.
3. Ιόντα Ca^{2+} **εισέρχονται** στο κύτταρο.
4. Η αύξηση συγκέντρωσης Ca^{2+} προκαλεί τη **σύντηξη των συναπτικών κυστιδίων** με την κυτταρική μεμβράνη και την **απελευθέρωση** της ακετυλοχολίνης (νευροδιαβιβαστής) στη συναπτική σχισμή μεταξύ νευρικού και μυϊκού κυττάρου.

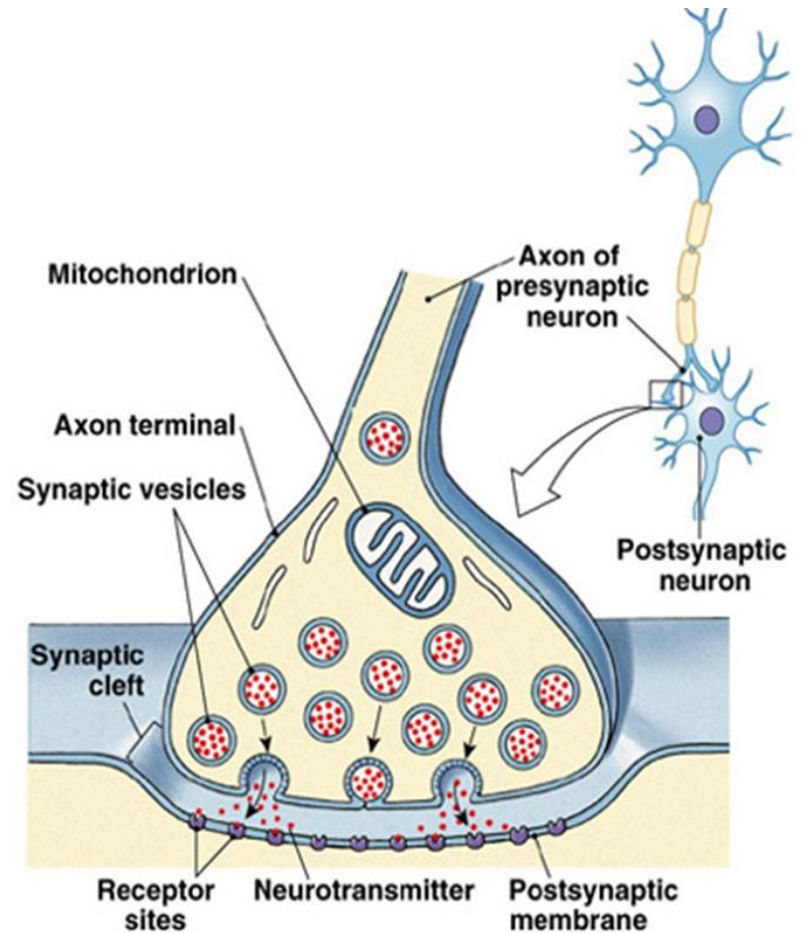
Στην περίπτωση σύναψης μεταξύ ενός νευρώνα και ενός μυϊκού κυττάρου, ο νευροδιαβιβαστής ονομάζεται ακετυλοχολίνη και ο διάυλος είναι ο υποδοχέας της ακετυλοχολίνης.



Μετάδοση του σήματος στα κύτταρα -στόχους - Νευρομυϊκή σύνδεση (2/2)

5. Ο διαβιβαστής προσδένεται σε **διαύλους ιόντων Na^+** και τους ενεργοποιεί.
6. Ιόντα Na^+ εισέρχονται στο κύτταρο.
7. Παρατηρείται στο μυϊκό κύτταρο αύξηση του μεμβρανικού δυναμικού.
8. Στην περίπτωση που ξεπεραστεί το δυναμικό κατωφλίου του μυϊκού κυττάρου, **δημιουργείται δυναμικό ενέργειας**.
9. Ο παλμός μεταδίδεται στον μυ και ο μυς συσπάται.

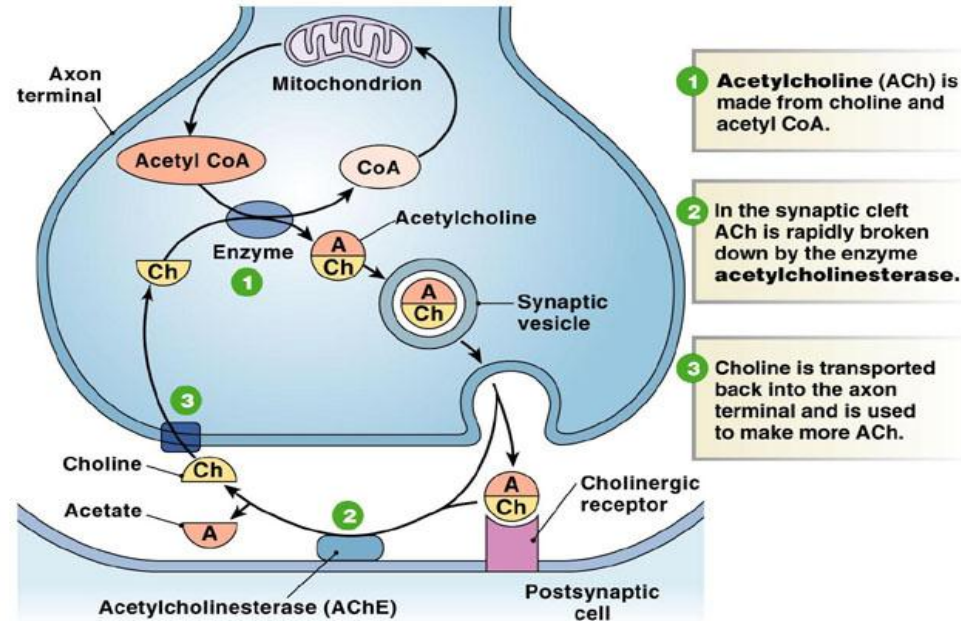
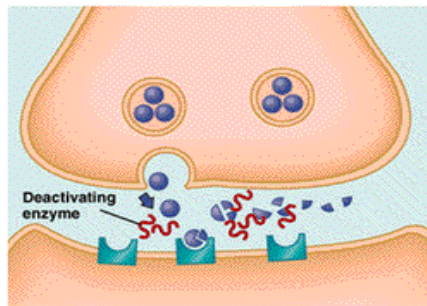
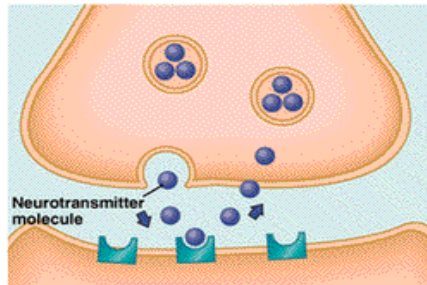
http://msjensen.cehd.umn.edu/1135/Links/Animations/Flash/0015-swf_chemical_synap.swf



www.colorado.edu/.../image/08-20.jpg



Τι συμβαίνει με την ακετυλοχολίνη;



<http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3430-200/image/08-22.jpg>

Μετά τη διέγερση του μετασυναπτικού κυττάρου ο νευροδιαβιβαστής:

- Απομακρύνεται με ταχεία αποδόμηση από ένζυμα της συναπτικής σχισμής, ή
- Επαναπροσλαμβάνεται από τις νευρικές απολήξεις που τον απελευθέρωσαν ή από γειτονικά κύτταρα.



Υποδοχείς των νευροδιαβιβαστών (1/2)

- **Υποδοχείς διεγερτικών νευροδιαβιβαστών:** Πυροδοτούν δυναμικό ενέργειας στο μετασυναπτικό κύτταρο:
 - Ακετυλοχολίνης.
 - Ιοντικοί διάυλοι που επιτρέπουν τη διέλευση Na^+ και Ca^{2+} .
- **Υποδοχείς ανασταλτικών νευροδιαβιβαστών:** Εμποδίζουν την εκφόρτιση, άρα και τη δημιουργία δυναμικού ενέργειας, του μετασυναπτικού κυττάρου:
 - γ -αμινοβουτυρικού οξέος.
 - Ιοντικοί διάυλοι Cl^- .



Υποδοχείς των νευροδιαβιβαστών (2/2)

- **Κουράριο:** Εμποδίζει την προώθηση διεγερτικών σημάτων στις νευρομυϊκές συνδέσεις. Χρησιμοποιείται από τους αναισθησιολόγους κατά τη διάρκεια χειρουργικής επέμβασης.
- **Στρυχνίνη:** Προκαλεί μυϊκούς σπασμούς και θάνατο επειδή παρεμποδίζει τα ανασταλτικά σήματα.
- **Prozac:** Εμποδίζει την επαναπρόσληψη του διεγερτικού νευροδιαβιβαστή, της σεροτονίνης, κι έτσι αυξάνεται η ποσότητα της σεροτονίνης που είναι διαθέσιμη στις συνάψεις οι οποίες τη χρησιμοποιούν. Παραμένει μυστήριο γιατί αυτό ανακουφίζει τους ασθενείς με κατάθλιψη.



Μυϊκή αδυναμία ή υπερδραστηριότητα (σπασμοί)

- Ένδειξη προβλημάτων στο κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα
- Πρόκληση προβλήματος:
 - Αύξηση απελευθέρωσης διεγερτικών διαβιβαστών (σπασμοί).
 - Παρεμπόδιση απελευθέρωσης διεγερτικών διαβιβαστών (μυϊκή αδυναμία).
 - Αύξηση απελευθέρωσης ανασταλτικών διαβιβαστών (μυϊκή αδυναμία).
 - Παρεμπόδιση απελευθέρωσης ανασταλτικών διαβιβαστών (σπασμοί).
- **Αποτέλεσμα:** Επίδραση στην απελευθέρωση της ακετυλοχολίνης στη νευρομυϊκή σύναψη.



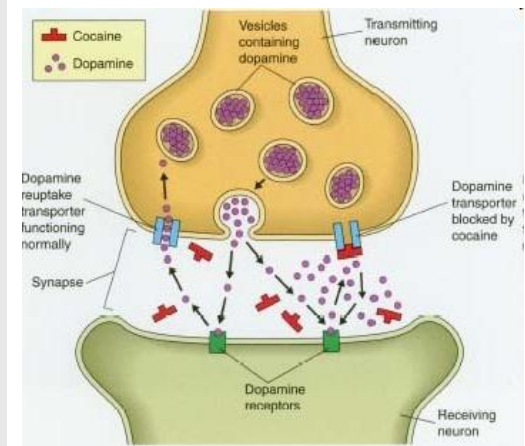
Η περίπτωση της βαριάς μυασθένειας

- Νόσος με **προοδευτική εξέλιξη** που χαρακτηρίζεται από υπερβολική μυϊκή αδυναμία.
- Συνήθως εμπλέκεται κάποιος **αυτοάνοσος μηχανισμός**.
- Ο οργανισμός αναπτύσσει **αντισώματα** έναντι των υποδοχέων της ακετυλοχολίνης στη μεμβράνη της τελικής πλάκας.
- Ελαττώνεται σημαντικά ο αριθμός των υποδοχέων και η **διαβίβαση σταματά**.
- **Θεραπεία:** Αντισώματα έναντι του ενζύμου που απομακρύνει την ακετυλοχολίνη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή της μέχρι το επίπεδο που αποκαθιστά τη νευρομυϊκή διαβίβαση.



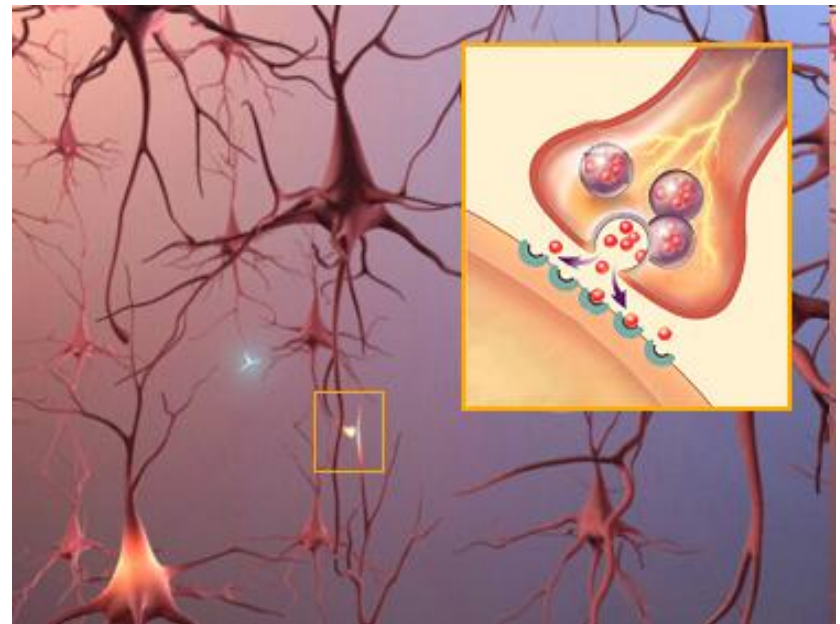
Η περίπτωση της ντοπαμίνης (1/2)

- **Νευροδιαβιβαστής** που εκκρίνεται από το προσυναπτικό κύτταρο και ενεργοποιεί τους υποδοχείς της ντοπαμίνης του μετασυναπτικού κυττάρου.
 - Συμμετέχει στην οργάνωση της εκούσιας κίνησης, στη συμπεριφορά και γνωστική λειτουργία, στα κίνητρα και την ανταμοιβή, τον ύπνο, τη διάθεση, την προσοχή, τη συγκέντρωση και τη μάθηση.
 - Καταστροφή νευρικών κυττάρων που περιέχουν ντοπαμίνη αποτελεί βασικό αίτιο εμφάνισης της **νόσου του Parkinson**.
- **ΚΟΚΑΪΝΗ: Μπλοκάρει την επαναπρόσληψη της ντοπαμίνης.** Προκαλεί αύξηση των επιπέδων της ντοπαμίνης και μείωση της επαναπρόσληψής της από τα νευρικά κύτταρα.
 - Ο χρήστης νιώθει ευφορία, βρίσκεται σε μια κατάσταση συνεχούς ετοιμότητας και δεν νιώθει την κούραση.



Η περίπτωση της ντοπαμίνης (2/2)

- Η συνεχής ενεργοποίηση των νευρικών κυττάρων προκαλεί βλάβη στις απολήξεις των νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου.
- Όταν τελικά η ναρκωτική ουσία απομακρύνεται τα ποσά της ντοπαμίνης πέφτουν και ο χρήστης καταρρέει.
- Το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας χρήσης κοκαΐνης είναι ένας σταδιακός εκφυλισμός του εγκεφάλου του χρήστη.
- Παρατηρείται έκπτωση των νοητικών λειτουργιών, μείωση της μνήμης, εγκατάσταση μιας μόνιμης κακής ψυχικής διάθεσης και προβλήματα στην κινητική δύναμη. Επίσης μπορούν να προκαλέσουν νευροεκφυλιστικές ασθένειες, όπως για παράδειγμα την ασθένεια του Parkinson.



Νευροδιαβιβαστής GABA και υποδοχείς GABA

- Νευροδιαβιβαστής GABA απελευθερώνεται από το προσυναπτικό κύτταρο και ενεργοποιούνται οι υποδοχείς GABA του μετασυναπτικού κυττάρου.
- Οι υποδοχείς GABA είναι διάυλοι Cl^- (υψηλή συγκέντρωση έξω από το κύτταρο).
- Ραγδαία είσοδος αρνητικών ιόντων. Επαναπόλωση του κυττάρου (αρνητικό δυναμικό στο εσωτερικό).
- Αναστολή της διέγερσης του μετασυναπτικού κυττάρου.



Το αλκοόλ και η δράση του

- Το αλκοόλ προσδένεται στους υποδοχείς GABA και τους ενεργοποιεί, δηλαδή προκαλεί τη μετάδοση ανασταλτικών σημάτων.
- Επικίνδυνη η οδήγηση μετά από κατανάλωση αλκοόλ, καθώς παρατηρούνται μειωμένα αντανακλαστικά.



Και οι ενδορφίνες...

- Νευροδιαβιβαστές με εναλλακτική ονομασία: Ενδογενής μορφίνη.
- Προσδένονται στους υποδοχείς οπιοειδών.
- Ανασταλτική δράση, δηλαδή παρεμπόδιση μετάδοσης σήματος στο μετασυναπτικό κύτταρο.
- Αυξημένη έκκριση: Χειμερία νάρκη. Μόνο οι βασικές λειτουργίες εκτελούνται από τον οργανισμό.



Ηρωίνη

- Παρόμοια δράση με τις ενδορφίνες. Ανασταλτικός ρόλος.
- Μειώνει τη συχνότητα του καρδιακού παλμού, της αναπνοής και του μεταβολισμού (ακριβώς ό,τι συμβαίνει κατά τη χειμερία νάρκη).
- **Υπερβολική δόση:** Καταστέλλει το αντανακλαστικό της αναπνοής.

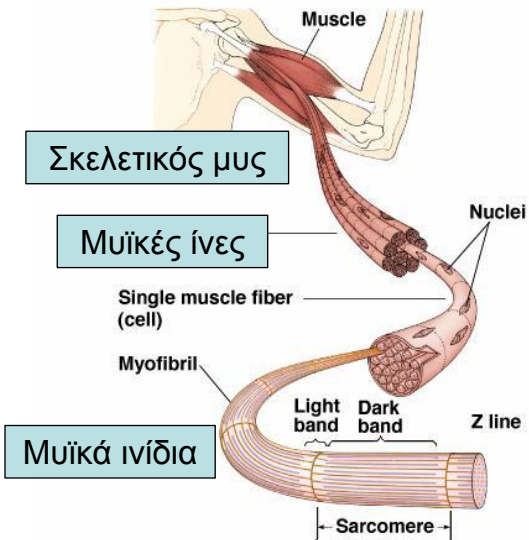
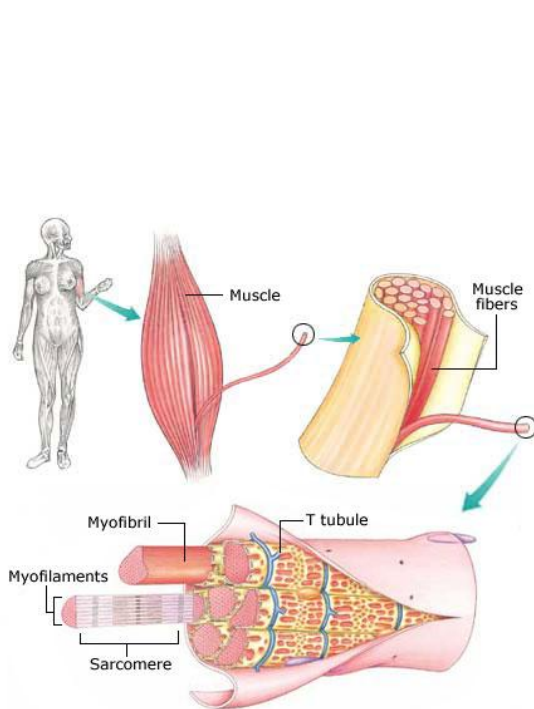


Μέχρι τώρα...

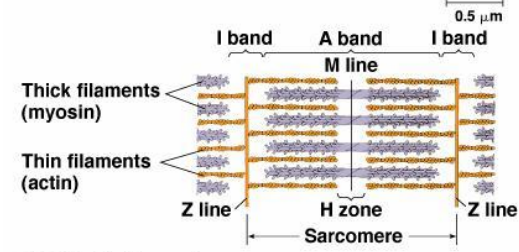
1. Εμφάνιση ενός ερεθίσματος (ήχος, φως, θερμοκρασία).
2. Μετατροπή σε ηλεκτρικό ερέθισμα.
3. Δημιουργία δυναμικού ενέργειας.
4. Μετάδοση σήματος από το ένα σημείο του νευρικού κυττάρου σε ένα άλλο.
5. Μετάδοση σήματος από ένα νευρικό κύτταρο σε ένα άλλο νευρικό κύτταρο (χημική ή ηλεκτρική σύναψη).
6. Μετάδοση σήματος από ένα νευρικό κύτταρο σε ένα μυϊκό κύτταρο.
7. ΣΥΣΠΑΣΗ;;;



Φυσιολογική ανατομία των σκελετικών μυών



1500 νημάτια μουσίνης (χοντρά)
3000 νημάτια ακτίνης (λεπτά)

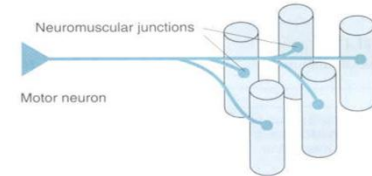


©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

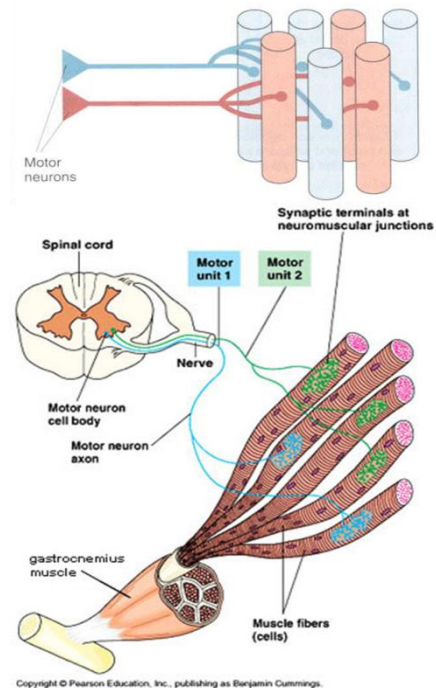
Κινητική μονάδα - Motor unit

- Η λειτουργική μονάδα του σκελετικού μυός είναι η κινητική μονάδα (motor unit), η οποία αποτελείται από ένα μόνο κινητικό νεύρο και τις μυϊκές ίνες που ενεργοποιούν.
- Ο λόγος ενεργοποίησης ποικίλει ανάλογα με τον είδος του μυός. Κυμαίνεται από 5 (ένας νευρώνας για 5 μυϊκές ίνες) μέχρι και 1000.
- Ένας μυς μπορεί να έχει από 100 μέχρι 2000 κινητικές μονάδες ανάλογα με τη λειτουργία του.
- Η μυϊκή δραστηριότητα διαβαθμίζεται ανάλογα με τον αριθμό των κινητικών μονάδων που ενεργοποιείται.

(A) SINGLE MOTOR UNIT



(B) TWO MOTOR UNITS

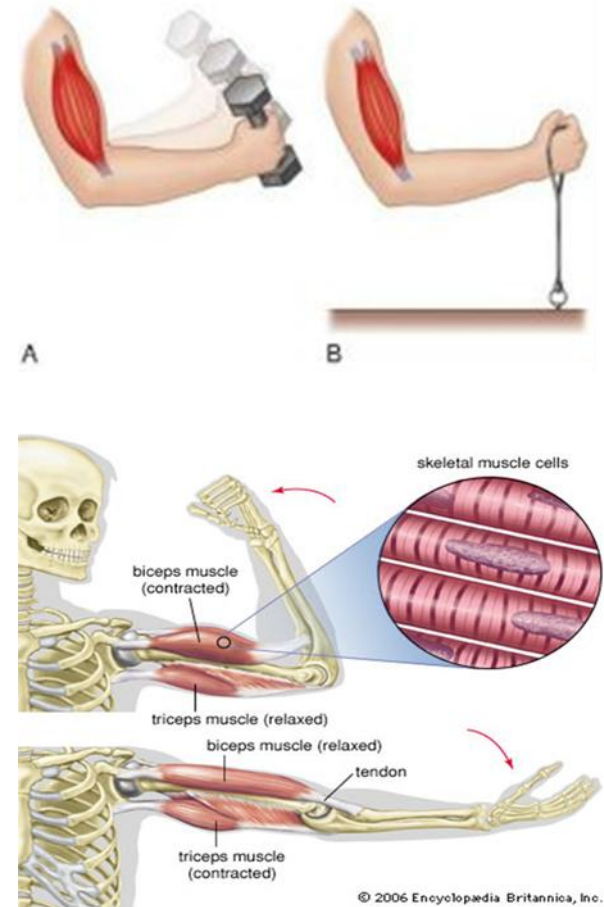


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



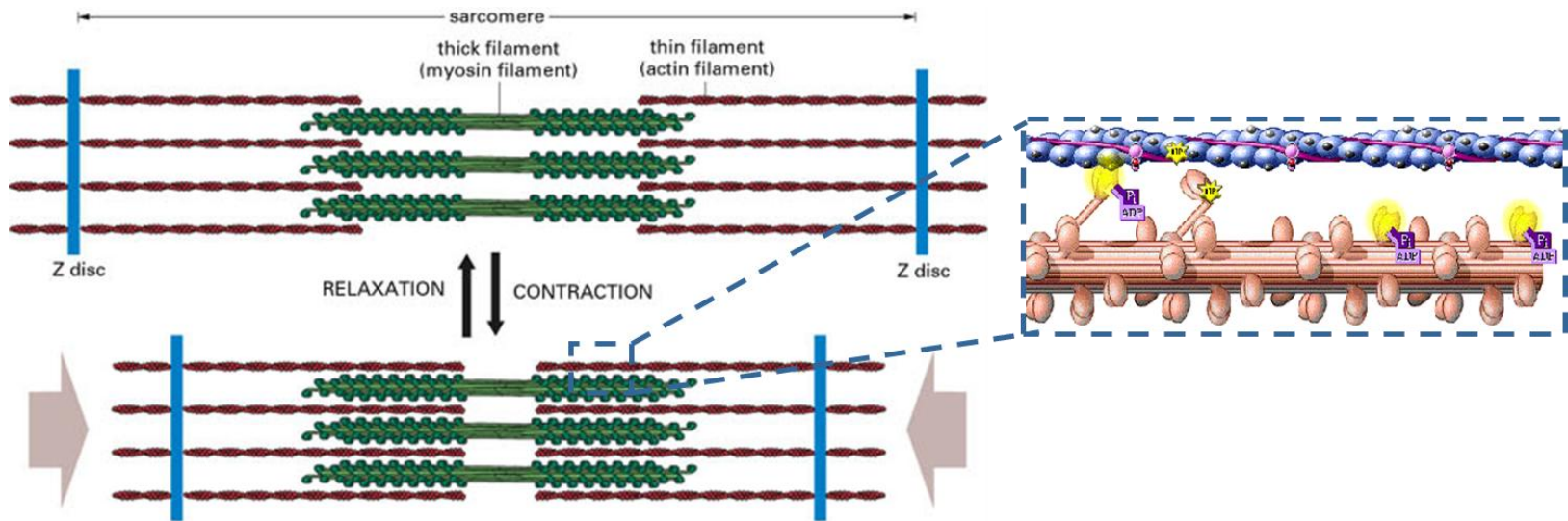
Συστολή μυϊκού κυττάρου (1/3)

- Οφείλεται στην ταυτόχρονη βράχυνση του σαρκομεριδίου, η οποία προκαλείται από την ολίσθηση των νηματίων της ακτίνης πάνω στα νημάτια της μυοσίνης, χωρίς μεταβολή του μήκους των νηματίων.
- Ο σκελετικός μυς δέχεται από το νευρικό σύστημα ένα σήμα, το οποίο είναι απαραίτητο για την ολίσθηση των νηματίων ακτίνης ανάμεσα στα νημάτιο μυοσίνης.
- Το σήμα προέρχεται από τη νευρική απόληξη και πυροδοτεί ένα δυναμικό ενέργειας στη μεμβράνη του μυϊκού κυττάρου.

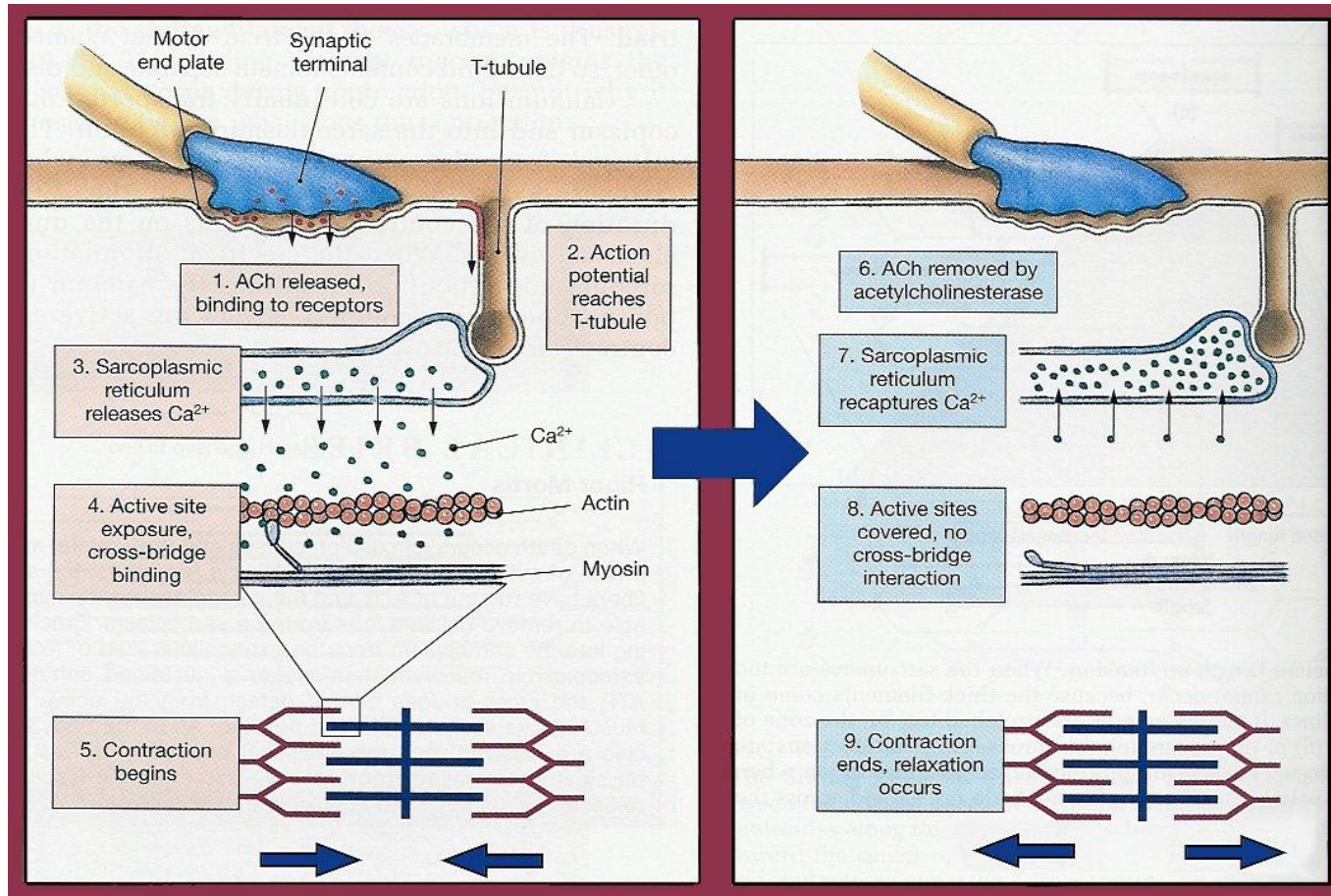


Συστολή μυϊκού κυττάρου (2/3)

- Ένα δυναμικό ενέργειας διεγείρει το μυϊκό κύτταρο.
- Ενεργοποιούνται οι διάλυτοι Ca^{2+} με αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες Ca^{2+} να εισχωρήσουν στο μυϊκό κύτταρο.
- Το αυξημένο Ca^{2+} προκαλεί την πρόσδεση των κεφαλών της μυοσίνης στα νημάτια της ακτίνης.
- Αρχίζει η ολίσθηση των νηματίων ακτίνης προς τα νημάτια μυοσίνης.
- Πραγματοποιείται η συστολή.



Συστολή μυϊκού κυττάρου (3/3)

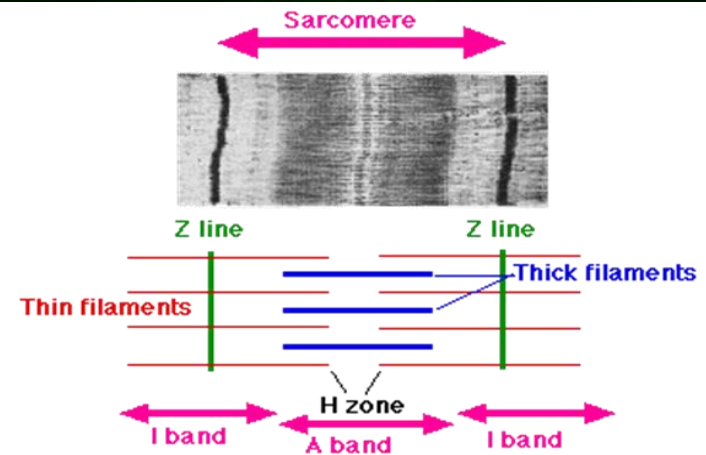
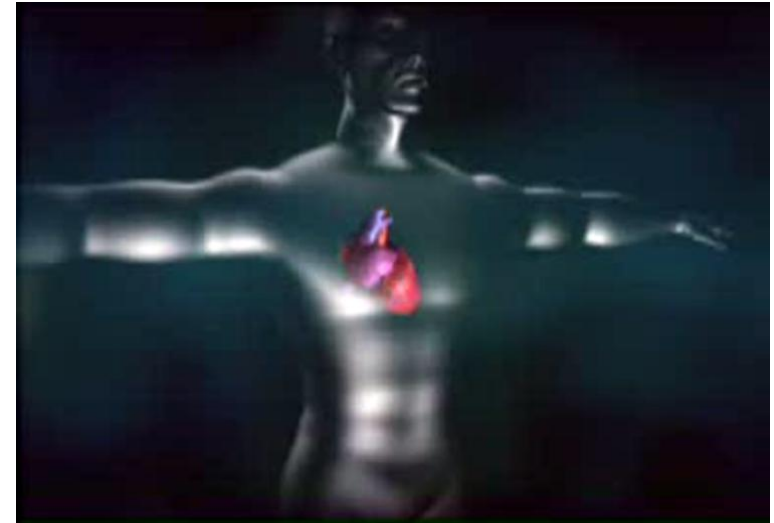


<http://instruct.westvalley.edu/granieri/biology103coursepage.html>

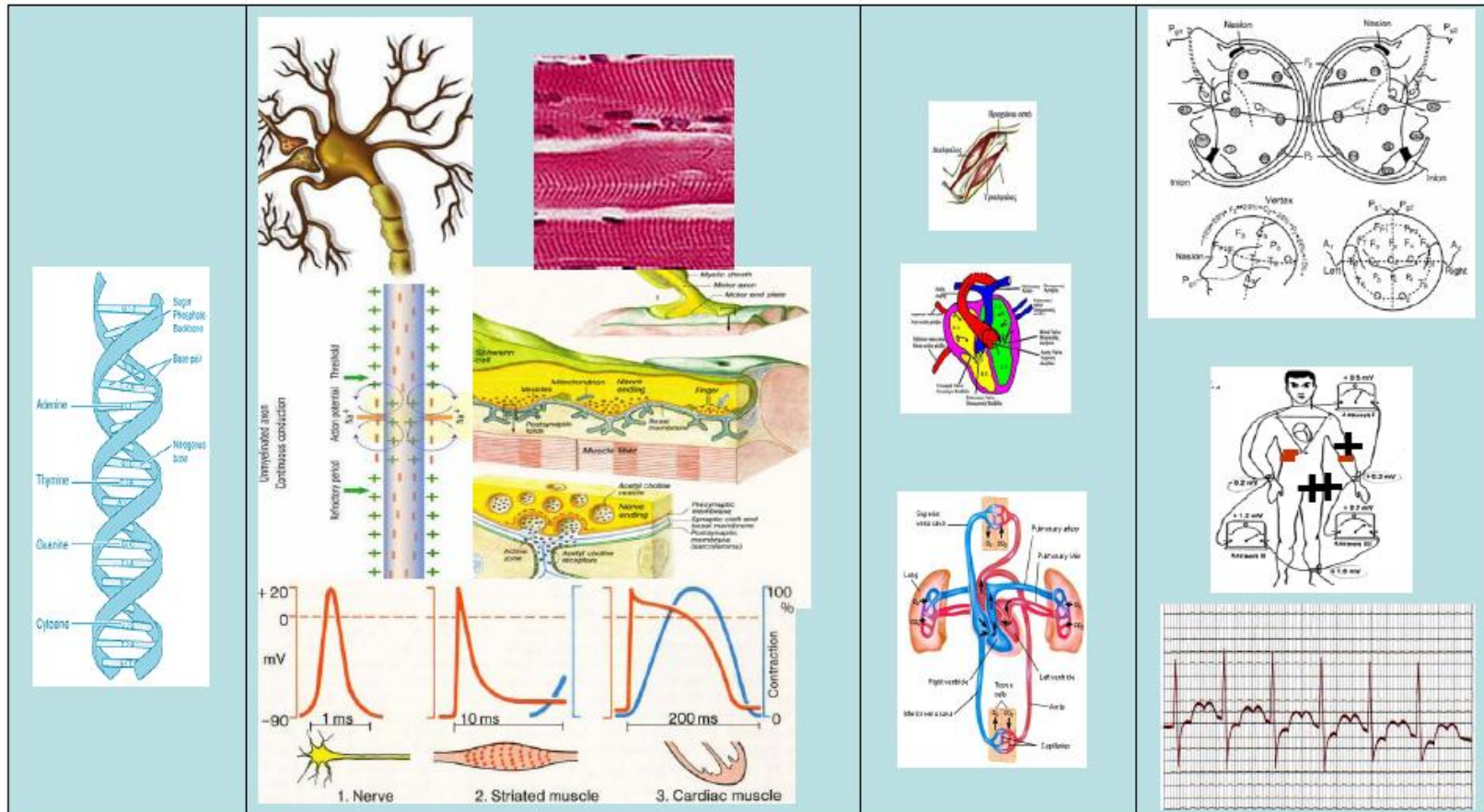


Video: Muscle contraction

- Κάθε νημάτιο μυοσίνης: 300 κεφαλές.
- Κάθε κεφαλή: 5 κύκλους/sec.
- Ταχύτητα ολίσθησης: 15 $\mu\text{m}/\text{sec}$.
 - Όλα τα σαρκομερίδια είναι ενωμένα μεταξύ τους και πυροδοτούνται ταυτόχρονα.
 - Ολόκληρος ο μυς συστέλλεται πάρα πολύ γρήγορα, συνήθως σε ένα δέκατο του δευτερολέπτου.



Δομικά - βασικά στοιχεία ενός οργανισμού



DNA

CELLULAR PROCESSES

ORGAN

SIGNAL



Ηλεκτρομυογράφημα - Electromyography (1/2)

Τι είναι;

- **Ηλεκτρομυογράφημα (ΗΜΓ) – Electromyography (EMG)**
ονομάζεται η καταγραφή του ηλεκτρικού δυναμικού του μυός, όταν διεγείρεται για συστολή. Με το ηλεκτρομυογράφημα εξετάζουμε την ηλεκτρική δραστηριότητα των κινητικών νεύρων και των μυών. Το ΗΜΓ χρησιμοποιείται κυρίως για τη μελέτη της μυϊκής λειτουργίας.

Πώς γίνεται;

- Για να εξετάσουμε **ένα νεύρο** δίνουμε ένα ηλεκτρικό ερέθισμα σε διάφορα σημεία του και καταγράφουμε την απάντηση από **έναν μυ** που ελέγχεται από αυτό το νεύρο. Για να εξετάσουμε ένα μυ τοποθετούμε μια λεπτή βελόνα μιας χρήσεως στο μυ αυτόν και καταγράφουμε την ηλεκτρική του δραστηριότητα σε ηρεμία και σε προσπάθεια.



Ηλεκτρομυογράφημα - Electromyography (2/2)

ΤΙ ΜΕΤΡΑΕΙ ;

- Όταν ένα δυναμικό δράσης διατρέχει μία μυϊκή ίνα, ένα μικρό μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος μεταδίδεται από το μυ μέχρι το δέρμα.
- Τοποθετώντας δύο ηλεκτρόδια στην επιφάνεια του δέρματος (πάνω από τον αντίστοιχο μυ) ή εισάγοντας βελονοειδή ηλεκτρόδια μέσα στο μυ, είναι δυνατή η **ηλεκτρική καταγραφή της διέγερσής του ($E=Ir$)**.
- Καταγράφει τις αλλαγές δυναμικού του μυός, όταν διεγείρεται για συστολή.
- Είναι το αλγεβρικό άθροισμα όλων των συμπεριλαμβανομένων δυναμικών δράσης των κινητικών μονάδων ενός μυ (πολλές μυϊκές ίνες).

Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ:

- Όργανα για λήψη, ενίσχυση και καταγραφή του μυοηλεκτρικού σήματος.
- Φίλτρα και ολοκληρωτές για την τροποποίηση της μορφής του σήματος και την περαιτέρω ανάλυσή του.



Ηλεκτρομυογράφημα - Πότε είναι χρήσιμο;

Το ηλεκτρομυογράφημα είναι χρήσιμο :

- ✓ Στην άμεση εξέταση των μυών (απόδοση κατά την άσκηση).
- ✓ Στη διάγνωση του συνδρόμου καρπιαίου σωλήνα.
- ✓ Στη διάγνωση της μυοπάθειας, δηλ. της αδυναμίας των νευρομυϊκών συνδέσεων να διαβιβάζουν τις διεγέρσεις από τις νευρικές ίνες προς τις μυϊκές ίνες.
- ✓ Στην αξιολόγηση φαρμακευτικής αγωγής.
- ✓ Στην ανάλυση της μυϊκής δραστηριότητα με σκοπό την βέλτιστη απόδοση σε αθλητικές δραστηριότητες.

Επίσης είναι χρήσιμο:

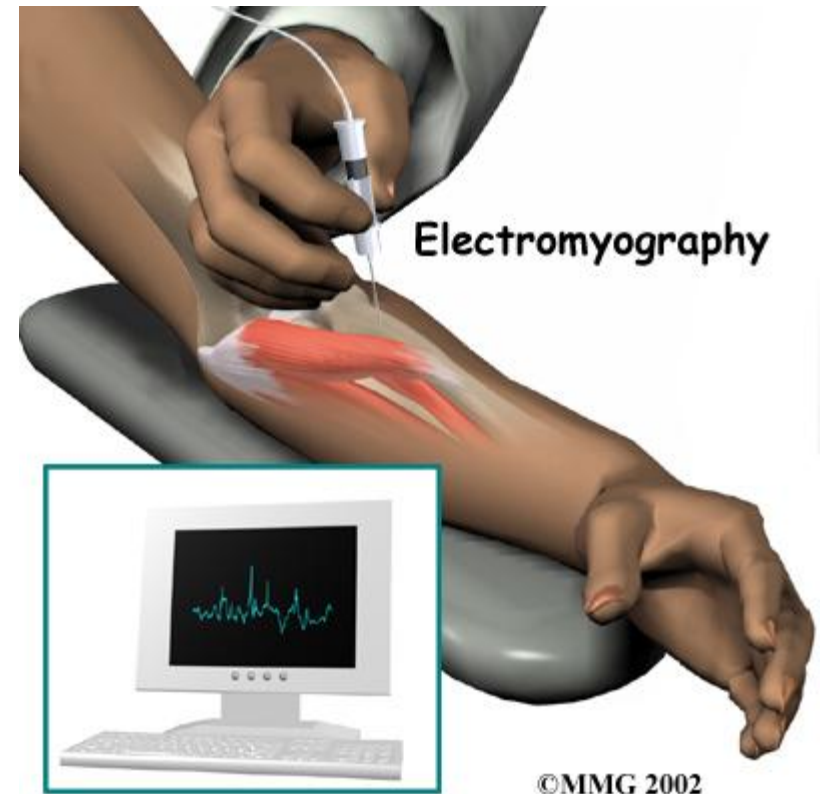
- ✓ Στους τραυματισμούς, για τη διάγνωση κακώσεων περιφερικών νεύρων.
- ✓ Στο σακχαρώδη διαβήτη, όπου ελέγχει την κατάσταση των περιφερικών νεύρων που μπορούν να προσβληθούν.



Ηλεκτρομυογράφημα - μέτρηση

Η λήψη του μυοηλεκτρικού σήματος επιτυγχάνεται μέσω δύο τύπων ηλεκτροδίων:

1. Επιφανειακά ηλεκτρόδια (surface electrodes).
2. Ηλεκτρόδια βάθους (indwelling intramuscular electrodes).

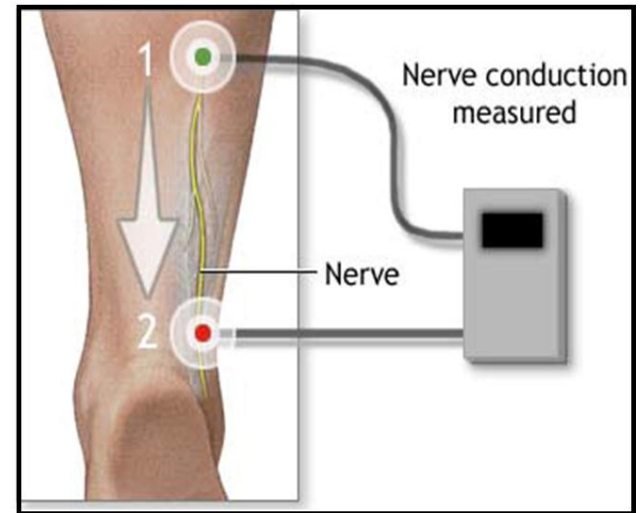


Ηλεκτρομυογράφημα - Επιφανειακά ηλεκτρόδια (1/2)

- Αποτελούνται από ένα μεταλλικό δίσκο (αγωγός) και έναν αυτοκόλλητο δίσκο.
- Είναι μονωμένα σε όλο το μήκος τους, εκτός από το σημείο επαφής τους.
- Τοποθετούνται πάνω στο δέρμα με χρήση ηλεκτρολυτικής κρέμας.
- Ανιχνεύουν τη μέση δραστηριότητα των επιφανειακών μυών.
- Μεταβάλλοντας τις διαστάσεις του δίσκου τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή της μυϊκής δραστηριότητας μικρότερων μυών.

Χρησιμοποιούνται δύο ηλεκτρόδια, τα οποία τοποθετούνται κατά μήκος τους μυϊκού άξονα, έτσι ώστε να καταγράφεται η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων.

Καταγράφονται όλα τα δυναμικά δράσης των κινητικών μονάδων που μεταδίδονται κατά μήκος των μυϊκών ινών και βρίσκονται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων.



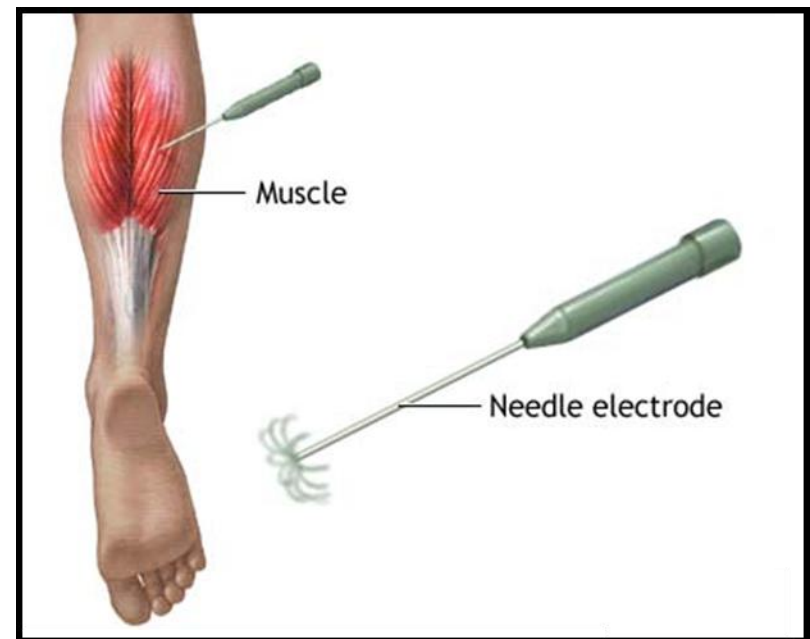
Ηλεκτρομυογράφημα - Επιφανειακά ηλεκτρόδια (2/2)

- Η τιμή των δυναμικών δράσης που καταγράφεται, εξαρτάται από:
 - Το μέγεθος των ηλεκτροδίων: Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια του δυναμικού δράσης, το πλάτος του ΗΜΓ και ο μυϊκός όγκος που παρακολουθείται. Υπάρχουν ηλεκτρόδια 1cm, 3mm και 1mm.
 - Τη μεταξύ τους απόσταση: Μεγάλη απόσταση μεταξύ ηλεκτροδίων σημαίνει μεγάλο εξεταζόμενο μυϊκό όγκο. Αναφέρονται αποστάσεις μεταξύ των κέντρων των ηλεκτροδίων ίσες με 1cm, 2cm, 2.5cm και 4cm.
- Το δυναμικό δράσης μιας κινητικής μονάδας έχει πλάτος **100μV=0.1mV**
- Σήματα που ανιχνεύονται από επιφανειακά ηλεκτρόδια είναι **δυναμικά της τάξεως των 5mV.**
- Η αντίσταση του δέρματος πρέπει να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.
 - Απαραίτητη η απομάκρυνση των νεκρών κυττάρων της επιφάνειας του δέρματος και ο καθαρισμός του με αλκοολούχο διάλυμα.
 - Για μικρά ηλεκτρόδια (μεγάλη αντίσταση) το δέρμα θα πρέπει να προετοιμάζεται σχολαστικά.



Ηλεκτρομυογράφημα - Ηλεκτρόδια βάθους

- Εισέρχονται στο εσωτερικό του μυός.
- Χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση λεπτών κινήσεων και την καταγραφή της δραστηριότητας των «εν τω βάθει» μυών.
- Κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα και είναι μονωμένα εκτός από την ακμή τους.

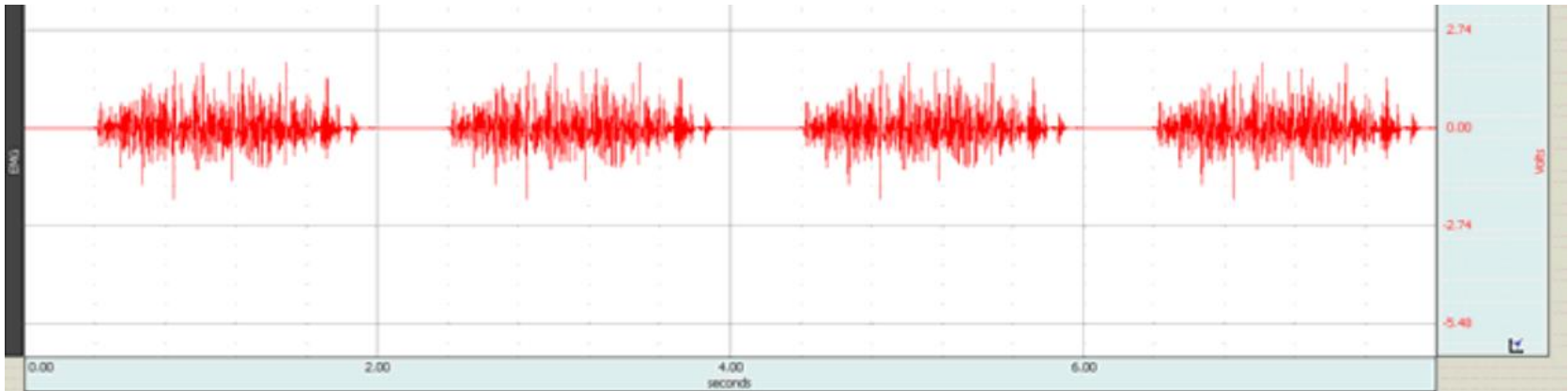


Συσκευές απαραίτητες για την εκτέλεση του ΗΜΓ

- 1. Ηλεκτρόδιο καταγραφής (ενδομυϊκής ή επιφανειακής):**
 - Προσλαμβάνει το σήμα (συν θόρυβο-άλλα άσχετα δηλαδή ηλεκτρικά σήματα-από το περιβάλλον).
- 2. Ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς (γειωμένο), το οποίο καταγράφει τον ηλεκτρικό θόρυβο:**
 - Το ηλεκτρόδιο αναφοράς είναι εξίσου απαραίτητο να υπάρχει όπως και το ηλεκτρόδιο καταγραφής. Μόνο του το τελευταίο δεν αρκεί! Η διαφορά των ηλεκτρικών σημάτων των δυο ηλεκτροδίων είναι το καθαρό σήμα, το σήμα του μυ που μας ενδιαφέρει.
- 3. Ενισχυτής:**
 - Μεγαλώνει το καταγραφόμενο σήμα επειδή αρχικά είναι πολύ μικρό.
- 4. Καθοδικός παλμογράφος όπου βλέπουμε το σήμα.**



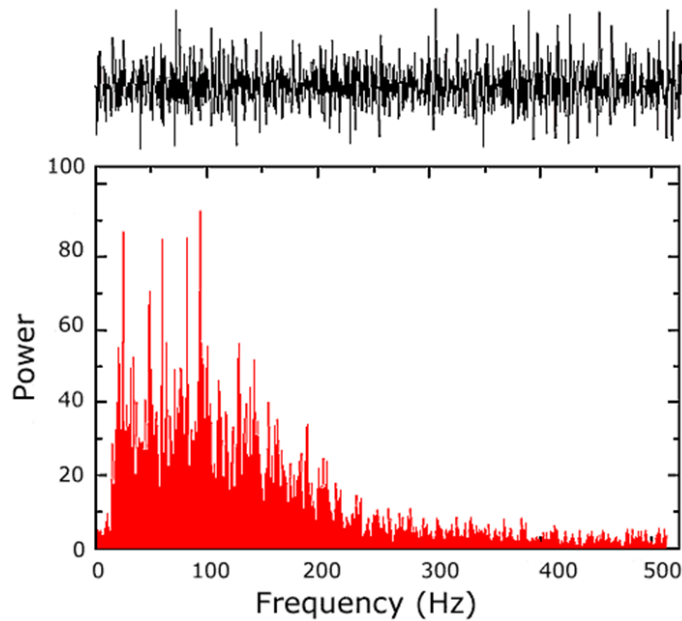
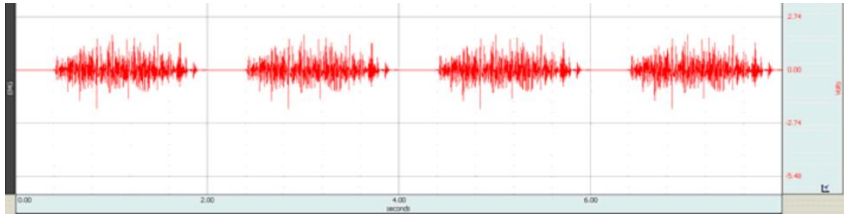
Τελικά... (1/2)



- **Πλάτος του EMG:**
 - Οι κορυφές του EMG έχουν τυχαίο σχήμα (μη επαναληψιμότητα).
 - Μπορεί να αναπαρασταθεί με συνάρτηση κατανομής Gauss.
 - Κυμαίνεται από 0 έως 10mV (peak-to-peak).
- Το **δυναμικό δράσης** μιας κινητικής μονάδας έχει πλάτος **100μV=0.1mV**.
- Σήματα που ανιχνεύονται από επιφανειακά ηλεκτρόδια είναι **δυναμικά της τάξεως των 5mV**.
- Averaged baseline noise: 3-5μV.



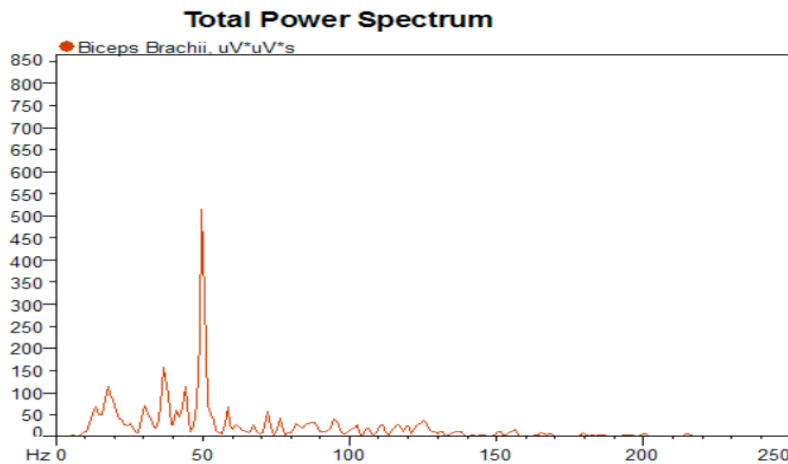
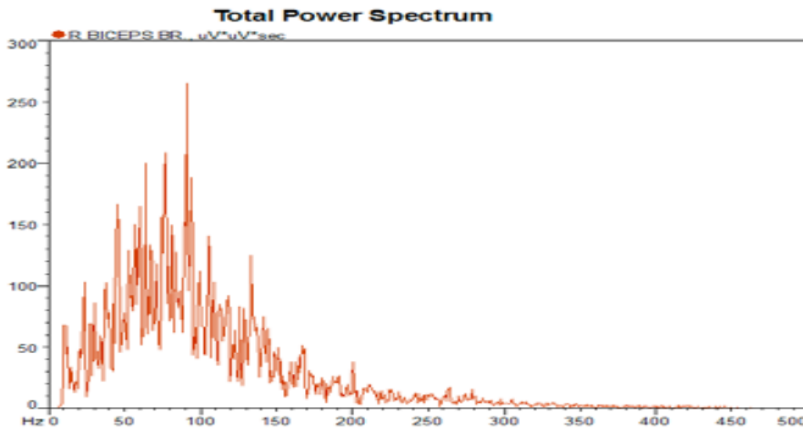
Τελικά...(2/2)



- Το μεγαλύτερο μέρος των σημάτων συγκεντρώνεται στο εύρος μεταξύ 20-200Hz. Ένα μόνο μικρό ποσοστό εκτείνεται μέχρι τα 1000Hz.
- Με επιφανειακά ηλεκτρόδια: 5-1000Hz.
- Με ηλεκτρόδια βάθους: 20-2000Hz.



Total power spectrum: EMG recording & EMG baseline



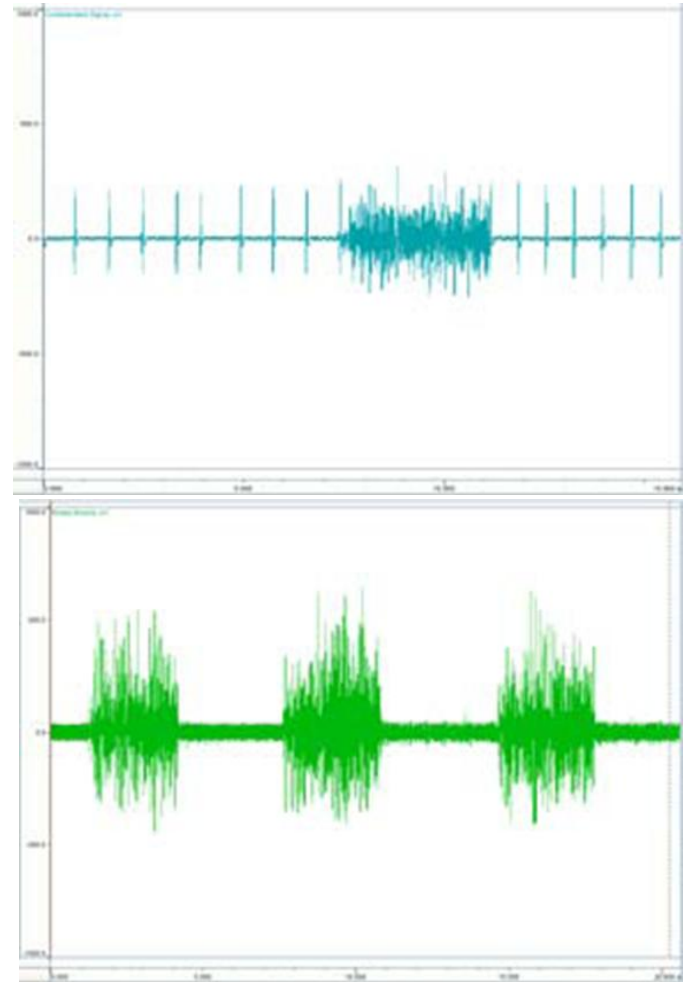
- Step increase from the high pass (10Hz).
- Peak frequency between 50-80 Hz.
- The spectrum decreases and reaches zero between 200 and 250Hz.
- The total power spectrum can identify power hum contaminating the EMG baseline .
- Clear separation to an increased EMG activity (probably due to not relaxed muscle).



Θόρυβος στο μυογράφημα (1/2)

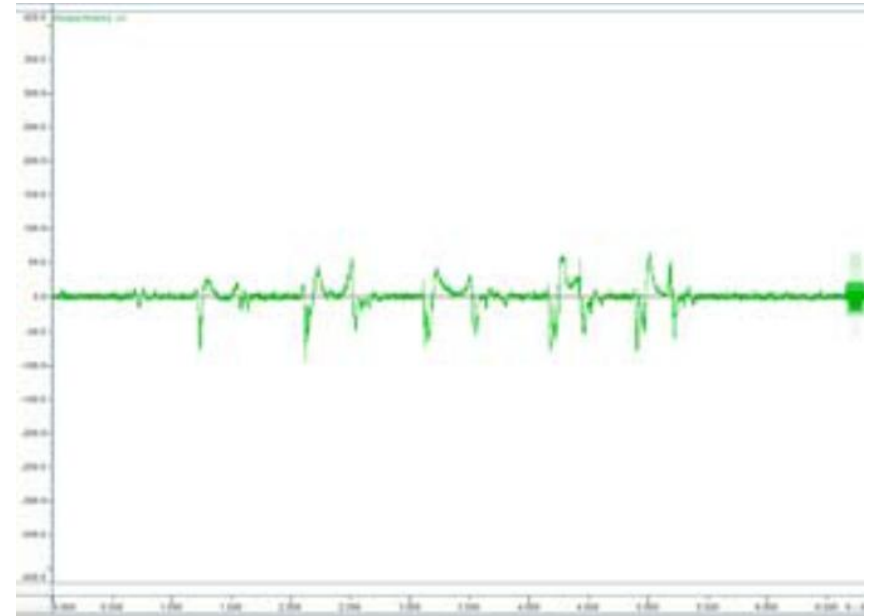
Ο θόρυβος προέρχεται από:

- **Βιολογικούς παράγοντες.** Για παράδειγμα, τα ηλεκτρόδια που τοποθετούνται πάνω στους θωρακικούς μύες καταγράφουν και το ηλεκτροκαρδιογραφικό σήμα.
- **Πειραματικές διατάξεις,** δηλ. θόρυβος από τα μηχανήματα ή ακόμη και από τον ενισχυτή.



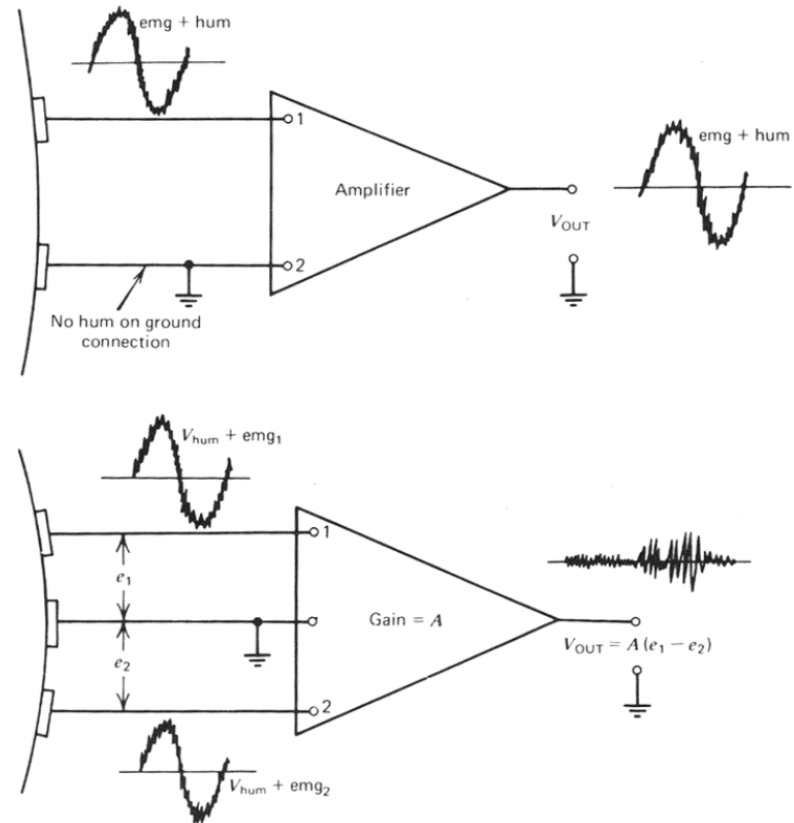
Θόρυβος στο μυογράφημα (2/2)

- Επίσης οι **παρεμβολές κίνησης** αποτελούν θόρυβο για το μυογράφημα. Ωστόσο, η συχνότητά τους είναι 0-10Hz, άρα με τη βοήθεια κατάλληλων φίλτρων μπορούν να αποκοπούν.
- Για αποφυγή θορύβου από την **ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία** που συλλέγει το ανθρώπινο σώμα (μπορεί να φτάσει και τα 200mV), λαμβάνονται μετρήσεις σε δύο σημεία, οι οποίες αφαιρούνται και το αποτέλεσμα ενισχύεται. Καθώς ο θόρυβος είναι ο ίδιος σε όλα τα σημεία, το αποτέλεσμα της αφαίρεσης είναι μηδενικό άρα η συμβολή είναι επίσης μηδενική.

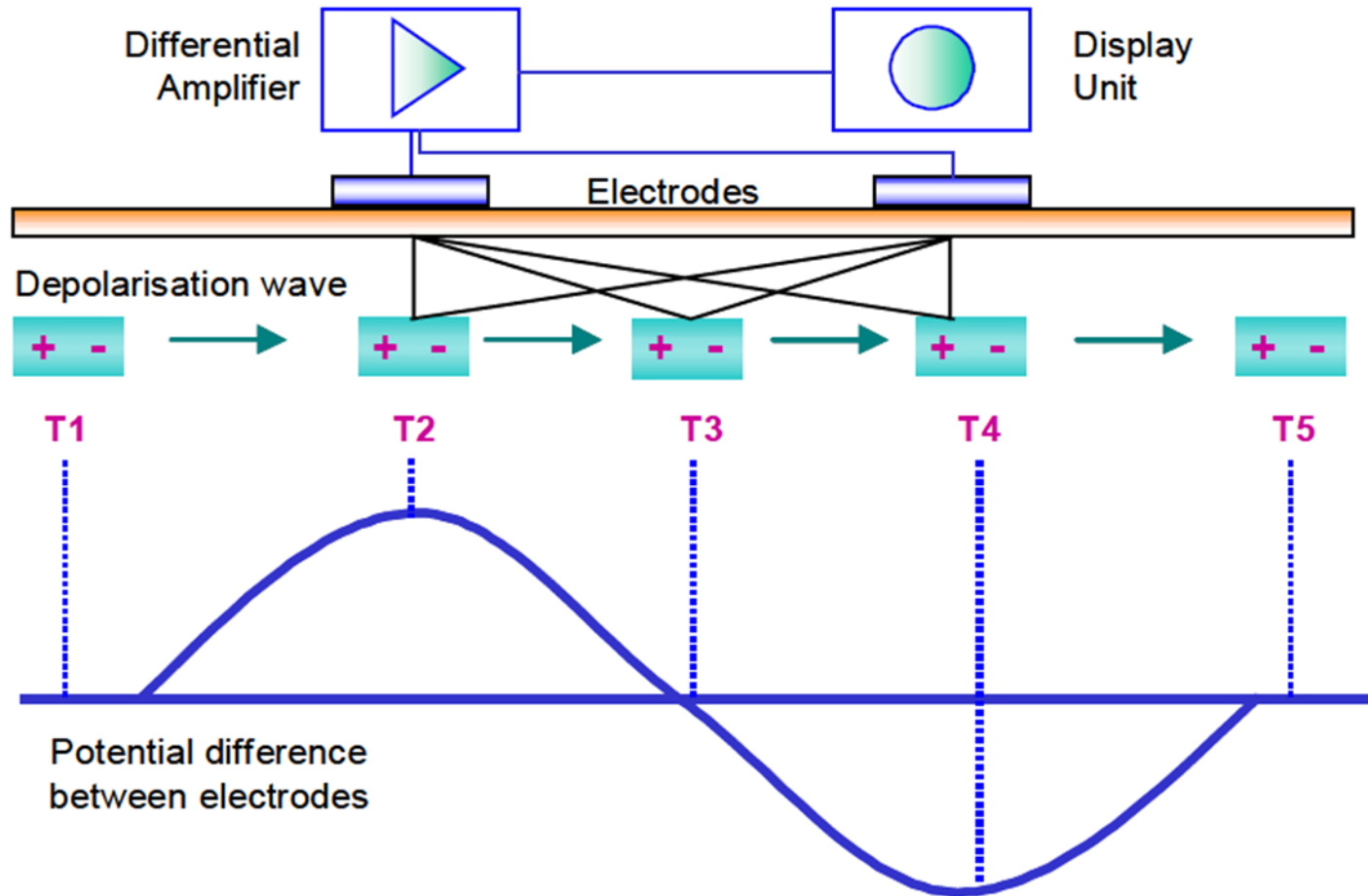


EMG Amplification (1/2)

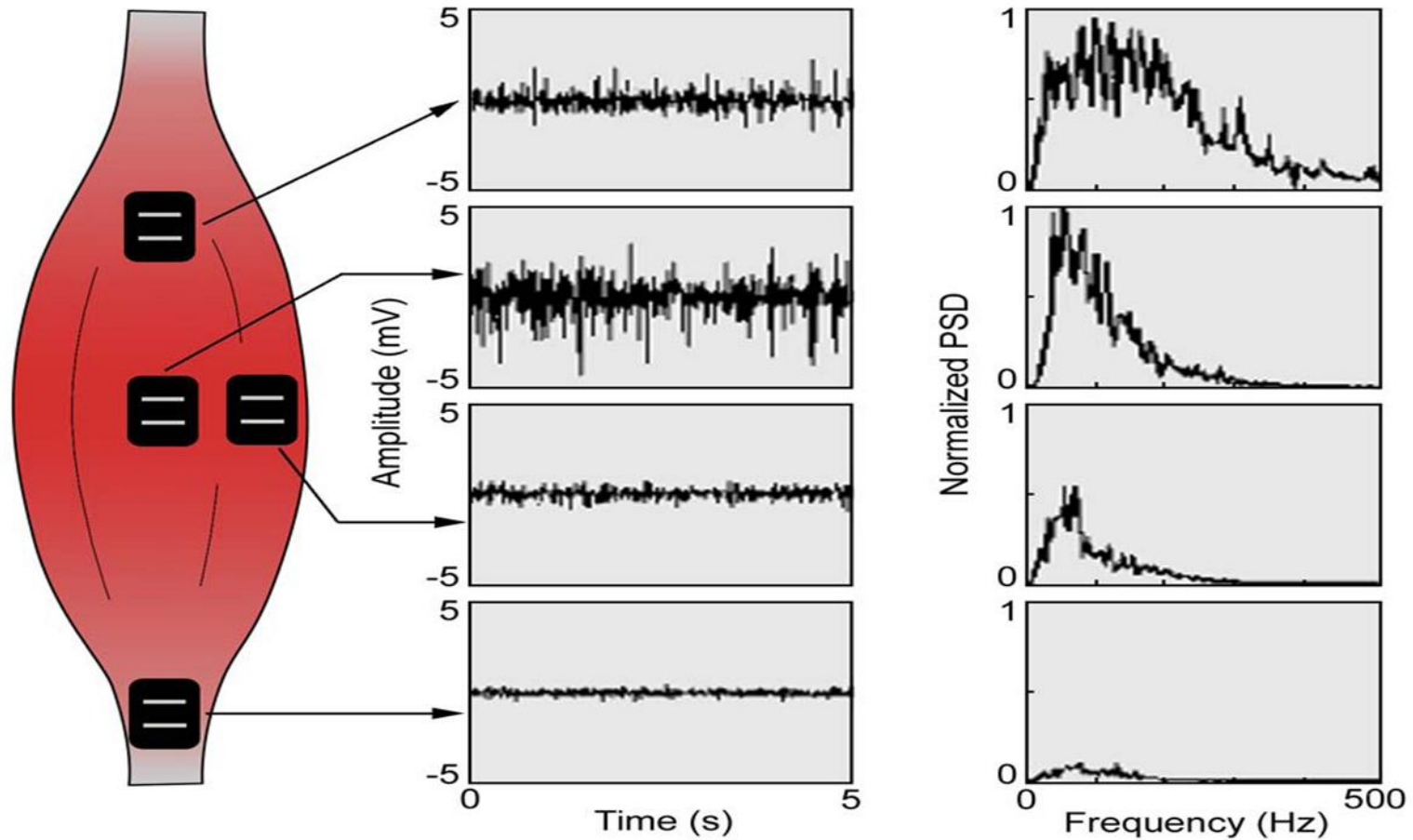
- **EMG Amplifiers.**
- Η ενίσχυση του σήματος είναι απαραίτητη καθώς το μέγεθος των σημάτων είναι πολύ μικρό σε σχέση με τα μη ειδικά σήματα (θόρυβος).
- Γραμμική ενίσχυση.
- Λαμβάνονται ενδείξεις από 3 σημεία και όχι μόνο από τα δύο του ενδιαφέροντος.
- Έχουμε 2 σετ από μετρήσεις.
- Η αφαίρεση τους διώχνει το θόρυβο που είναι ακριβώς ο ίδιος για τα σημεία.



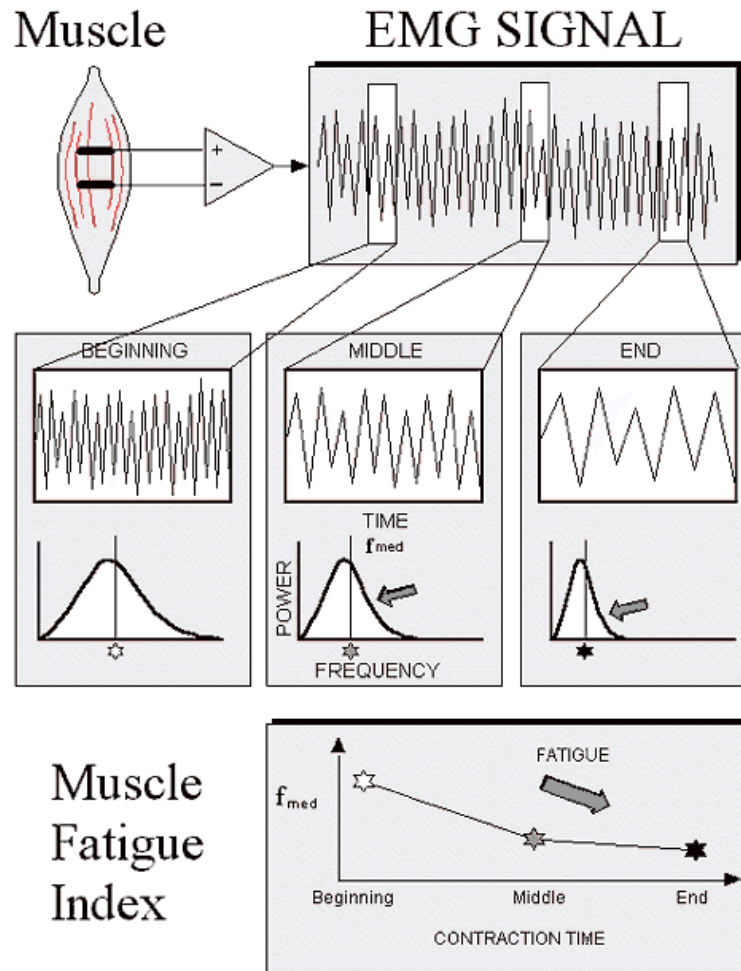
EMG Amplification (2/2)



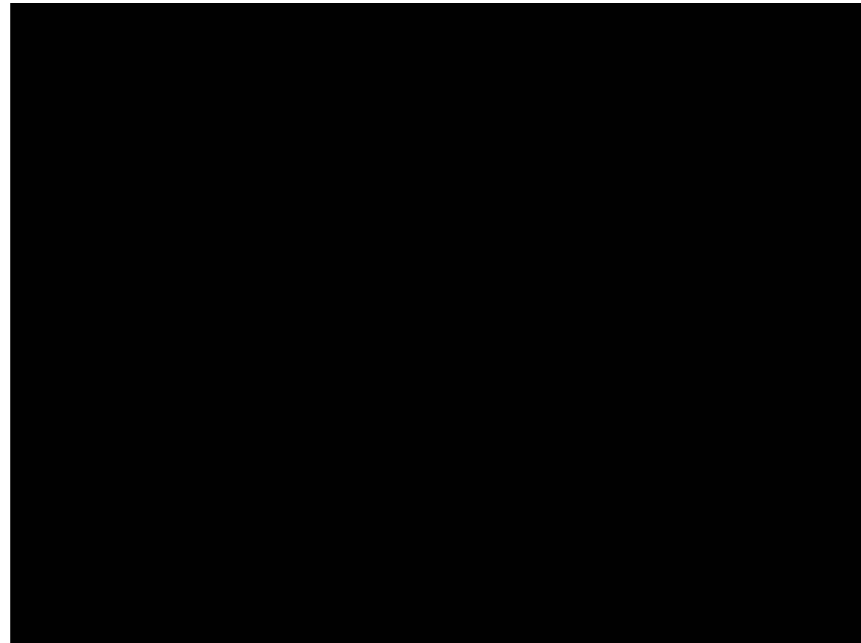
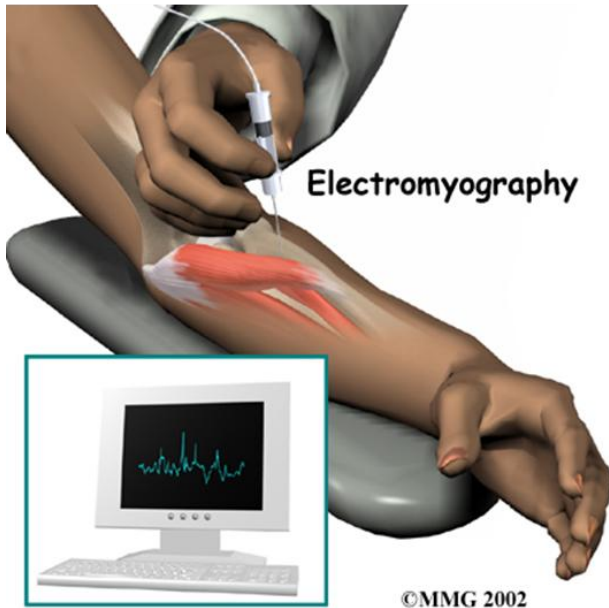
Τοποθέτηση ηλεκτροδίων



Κόπωση μυός



Video 2: Ηλεκτρομυογράφημα



to be continued...

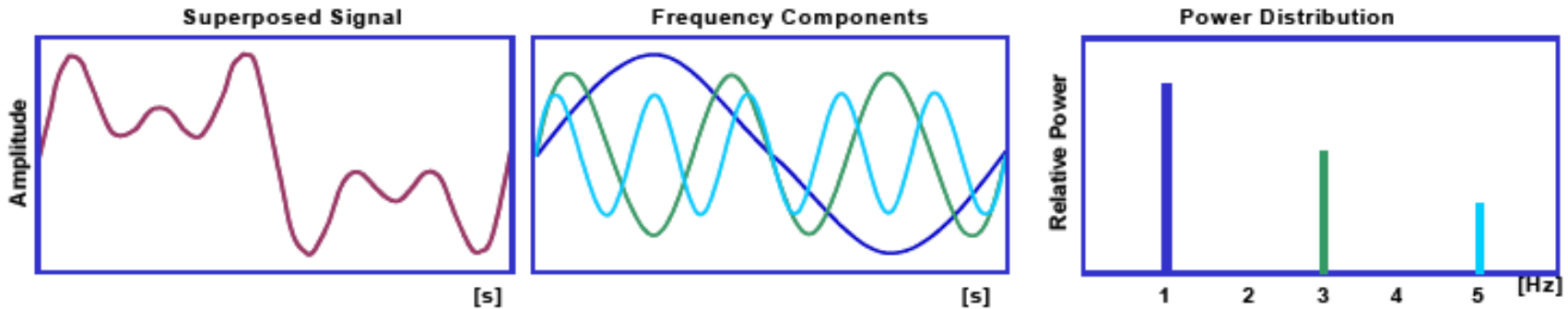


Some suggested videos...

- **How the action potential travels:**
[http:// www.youtube.com/watch?v=U0NpTdge3aw](http://www.youtube.com/watch?v=U0NpTdge3aw)
- **Action potential:**
[http:// www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/action_potential.html](http://www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/action_potential.html)
- **Action potential towards one direction:**
http://msjensen.cehd.umn.edu/1135/Links/Animations/Flash/0014-swf_action_potenti.swf
- **Neuromuscular junction:**
[http:// www.youtube.com/watch?v=ZscXOvDgCmQ](http://www.youtube.com/watch?v=ZscXOvDgCmQ)
[http:// www.youtube.com/watch?v=9FF6UKvDgeE&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=9FF6UKvDgeE&feature=related)
- **EMG**
[http:// www.youtube.com/watch?v=k0uSpYd_lcs](http://www.youtube.com/watch?v=k0uSpYd_lcs)



Υπολογισμός των Περιεχομένων Συχνότητας



- Η τεχνολογία των σύγχρονων Η/Υ διευκολύνει την χρήση των Γρήγορων Μετασχηματισμών Fourier (FFT) για την ανάλυση και τον υπολογισμό των περιεχομένων συχνότητας των σημάτων ΗΜΓ.
- Σε ένα μοντέλο, ένα ανορθωμένο σήμα ΗΜΓ μπορεί να θεωρηθεί ως άθροισμα ημιτονοειδών κυμάτων με διαφορετική ταχύτητα συχνότητας.
- Ο αλγόριθμος FFT μπορεί να περιγραφεί ως αποσύνθεση του σήματος ΗΜΓ στα ημιτονοειδή περιεχόμενα από τα οποία αποτελείται.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

