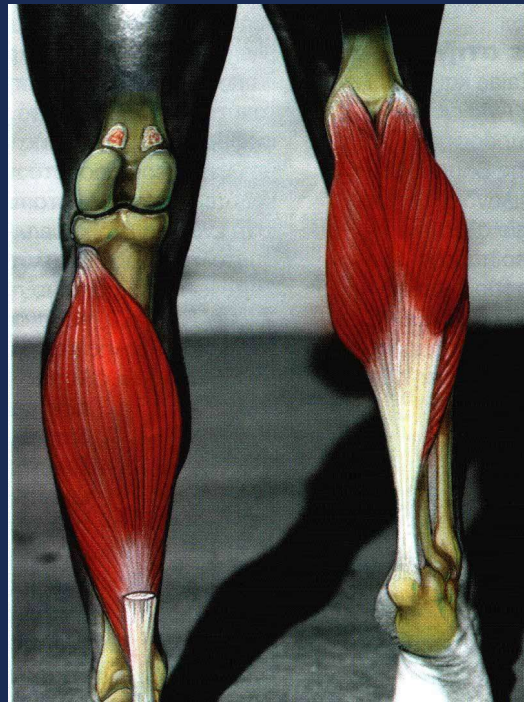


Μυϊκό Σύστημα

Νευρομυϊκή λειτουργία και προσαρμογές
με τη σωματική άσκηση



Ηλίας Σμήλιος, Επίκουρος Καθηγητής
Τ.Ε.Φ.Α.Α., Δ.Π.Θ.



British Journal of
Pharmacology

REVIEW

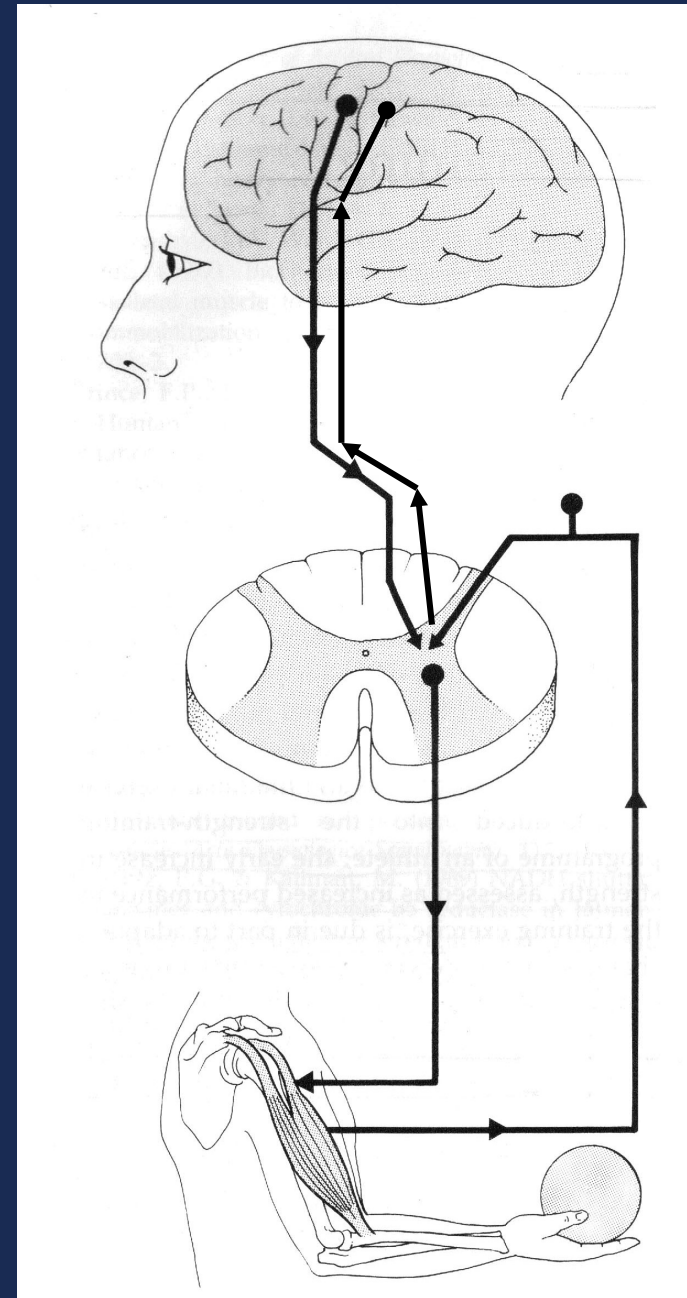
Exercise acts as a drug; the pharmacological benefits of exercise

J Vina, F Sanchis-Gomar, V Martinez-Bello and MC Gomez-Cabrera

Department of Physiology, University of Valencia, Fundacion Investigacion Hospital Clinico Universitario/INCLIVA, Valencia, Spain

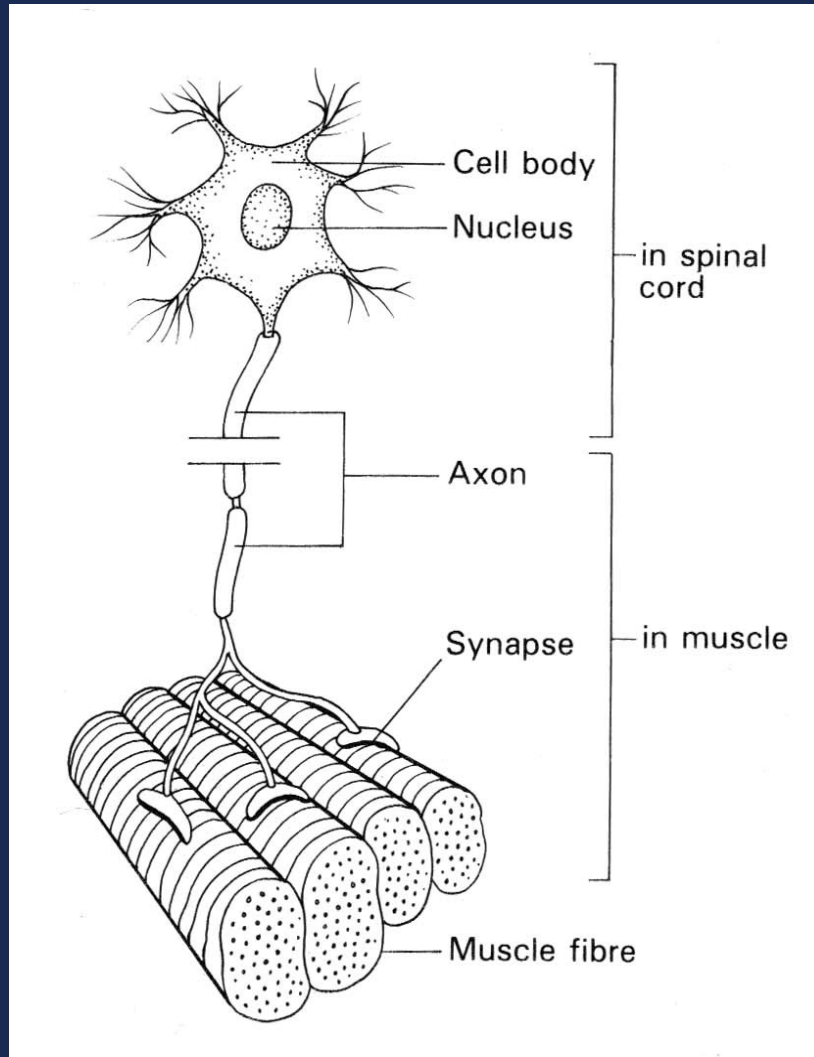
British Journal of Pharmacology (2012) **167** 1–12 1

Η μυϊκή δράση ελέγχεται από το
Νευρικό Σύστημα



Προσαρμοσμένο από Sale D., 1992

Κινητική Μονάδα



- νόμος του όλου ή ουδέν
- ο αριθμός των μυϊκών ινών που περιέχει η κινητική μονάδα διαφέρει από μέλος σε μέλος ανάλογα με τη λεπτότητα των κινήσεων που απαιτείται π.χ. μάτια 23 / 1, μηρός 1500 / 1

Τύποι Μυϊκών Ινών

Ίνες Βραδείας Συστολής

Ίνες Ταχείας Συστολής

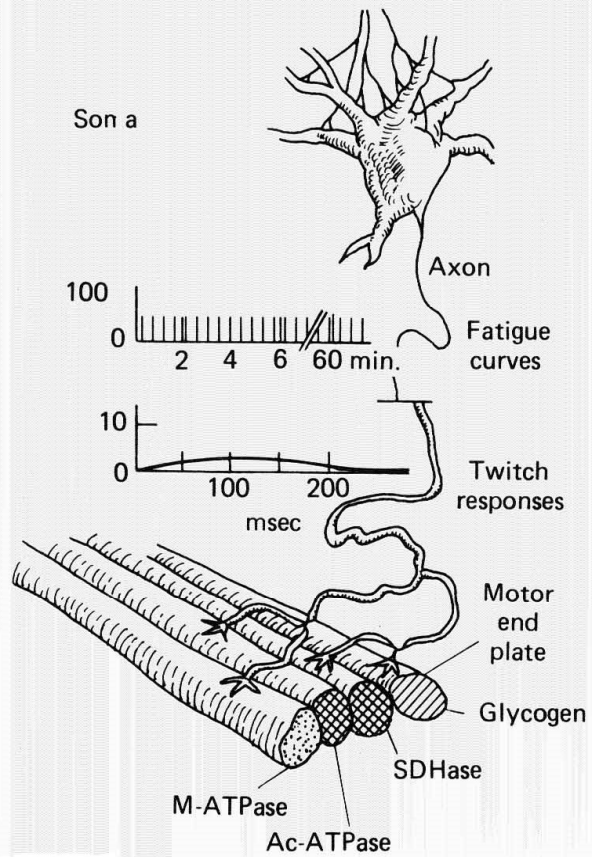
Τύπου I
Οξειδοτικές

Τύπου IIα
Οξειδογλυκολυτικές

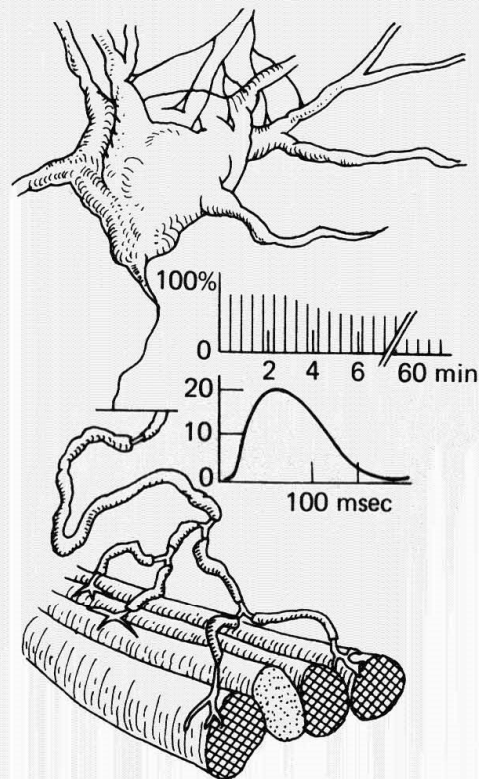
Τύπου IIβ
Γλυκολυτικές

Τύποι Μυϊκών Ινών

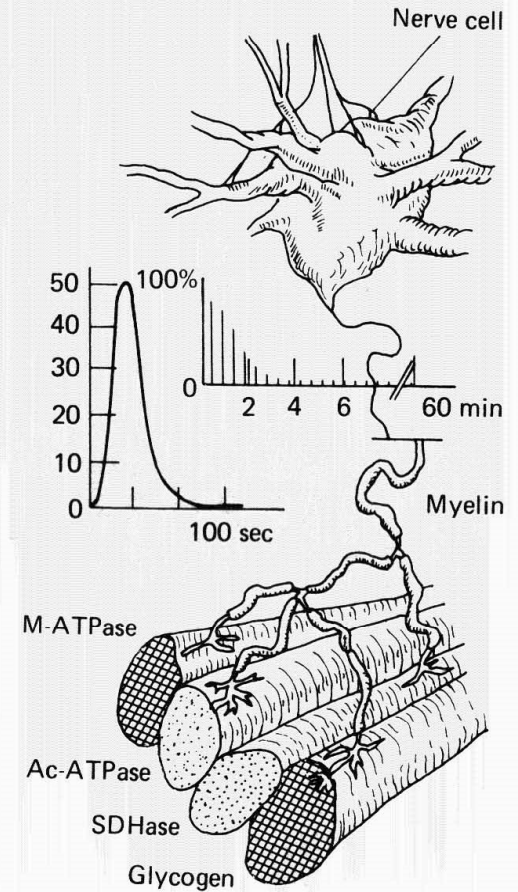
Type I
 Slow twitch (ST)
 Slow (S)
 Slow, oxidative (SO)
 Intermediate →
 Tonic (postural)



Type IIa
 Fast twitch (FT)
 Fast, fatigue resistant (FR)
 Fast, oxidative glycolytic (FOG)
 ← Red
 Phasic

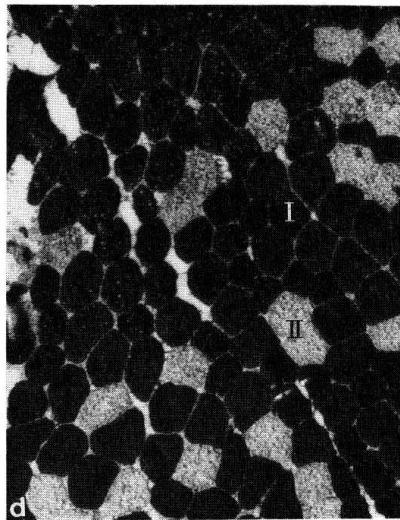
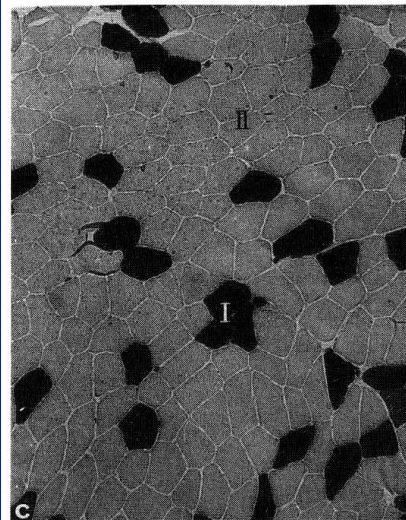
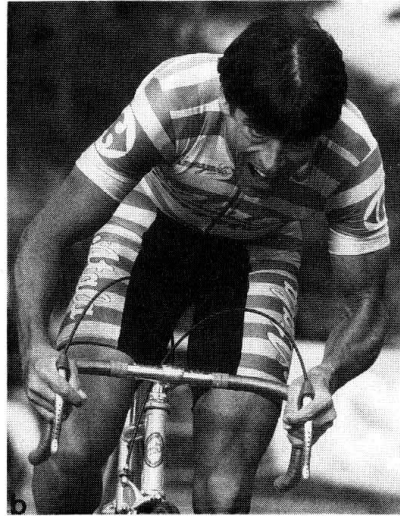
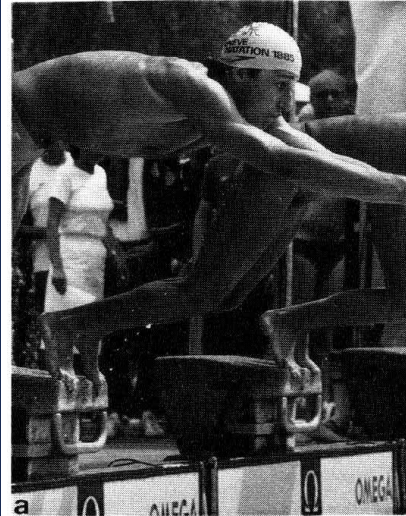


Type IIb
 Fast twitch (FT)
 Fast, fatigable (FF)
 Fast, glycolytic (FG)
 White
 Phasic

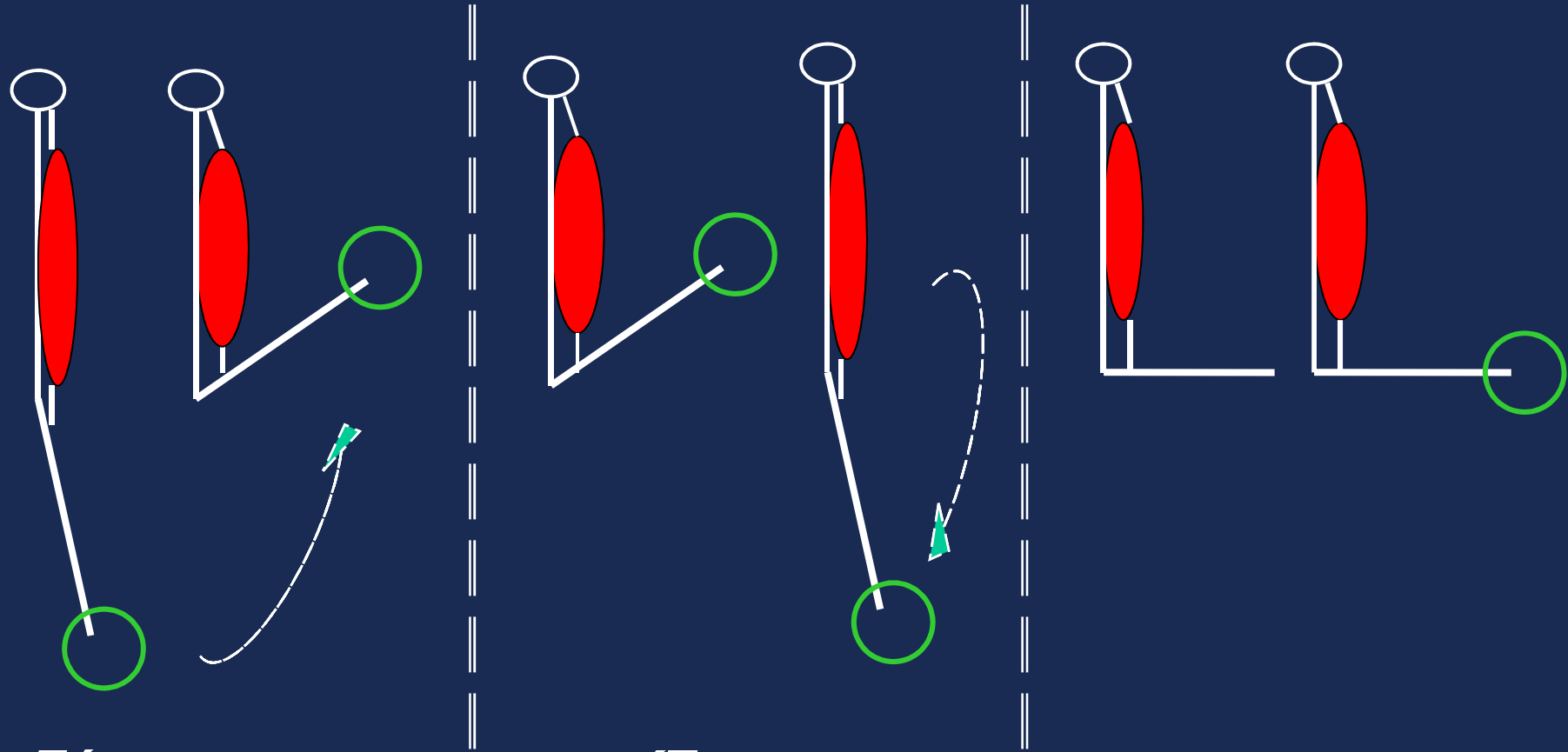


Χαρακτηριστικά	Τύπος Ι	Τύπος Ια	Τύπος Ιιβ
Μορφολογικά			
Χρώμα	Ερυθρό	Λευκό / Ερυθρό	Λευκό
Διάμετρος ίνας	Μικρή	Μέση	Μεγάλη
Τριχοειδή/mm ²	Πολλά	Αρκετά	Λίγα
Πυκνότητα Μιτοχονδρίων	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Βιοχημικά			
Δραστηριότητα ATPase	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Ποσότητα Μυοσφαιρίνης	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Δραστηριότητα Γλυκολυτικών Ενζύμων	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Δραστηριότητα Οξειδωτικών Ενζύμων	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Ποσότητα Φωσφοκρεατίνης	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Ποσότητα Γλυκογόνου	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Ποσότητα Τριγλυκεριδίων	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Λειτουργικά			
Μέγεθος κινητικού νευρώνα	Μικρό	Μεγάλο	Μεγάλο
Συχνότητα ενεργοποίησης	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή
Ταχύτητα σύσπασης	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Ταχύτητα χαλάρωσης	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Μέγιστη ισχύς	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Αντίσταση στην κόπωση	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή

Τύποι Μυϊκών Ινών και Αθλητισμός



Μορφές Μυϊκής Ενεργοποίησης



*Σύγκεντρη
ή Μειομετρική*

*Έκκεντρη
ή Πλειομετρική*

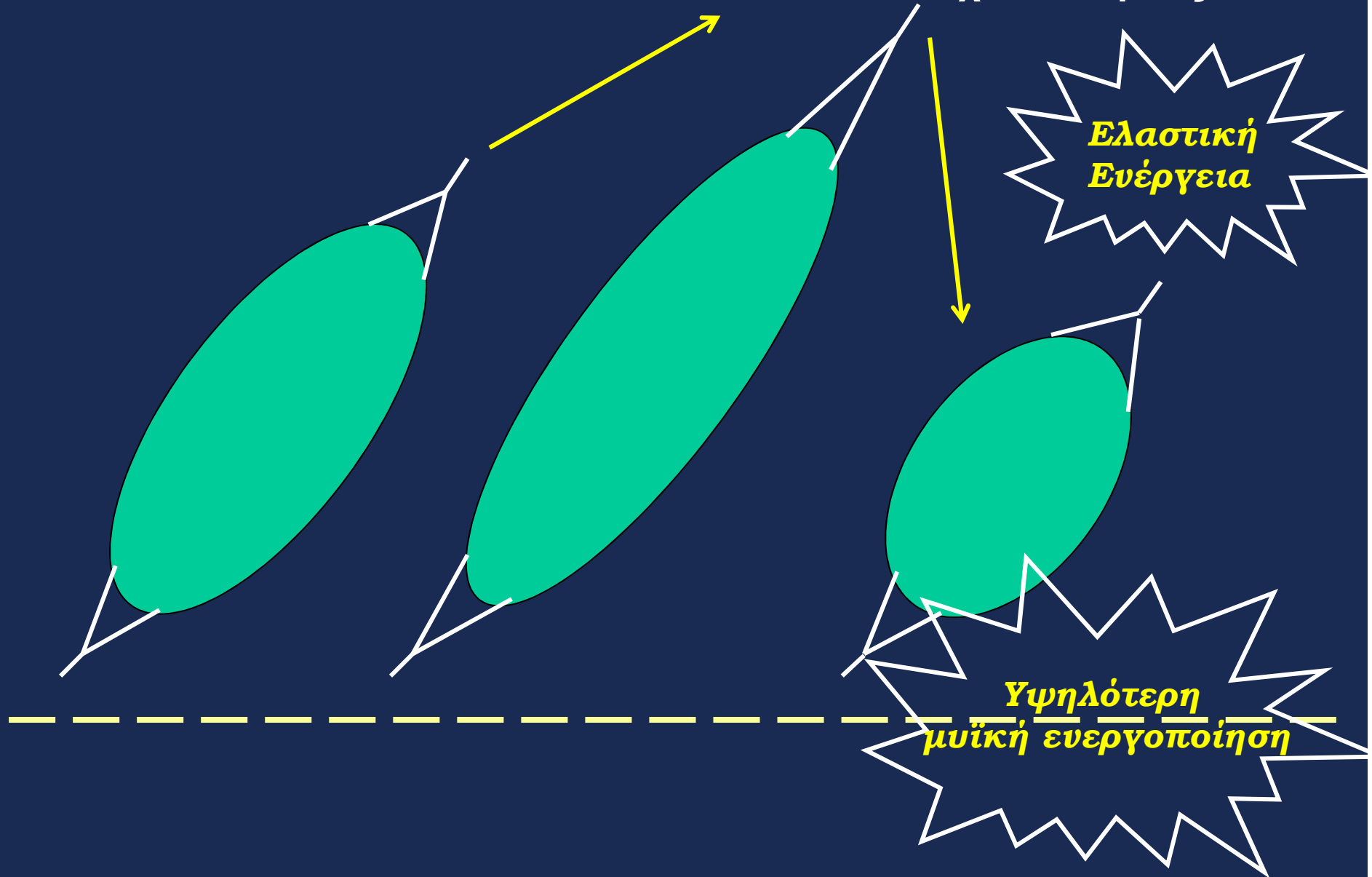
Ισομετρική

*Δυναμική Άσκηση
(«Ισοτονική»)*

Στατική Άσκηση

Μορφές Μυϊκής Ενεργοποίησης Κύκλος Διάτασης – Βράχυνσης

Μυοτατικό αντανακλαστικό και Ελαστικά στοιχεία του μυός



Δυναμική έναντι Στατικής άσκησης

Έκκεντρη έναντι Σύγκεντρης δράσης

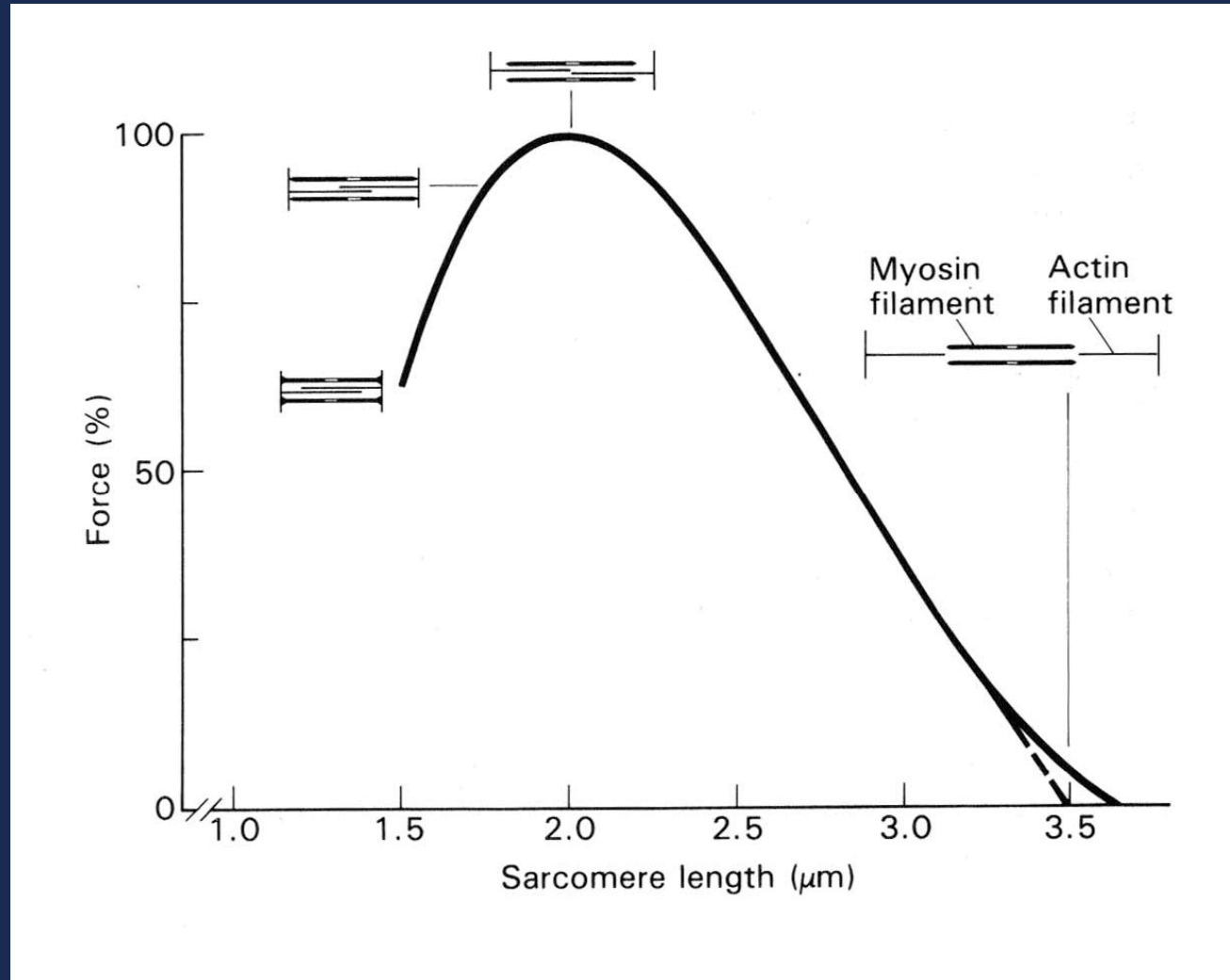
Κύκλος – διάτασης βράχυνσης έναντι Σύγκεντρης δράσης

- ο βαθμός ενεργοποίησης του κεντρικού και του περιφερικού νευρικού συστήματος είναι μικρότερος κατά την εκτέλεση στατικών ασκήσεων έναντι την εκτέλεσης δυναμικών ασκήσεων
- κατά την έκκεντρη δράση των μυών η ενεργοποίησή τους είναι μικρότερη συγκριτικά με τη σύγκεντρη δράση για τη μετακίνηση του ίδιου φορτίου
- η απόδοση με την εκτέλεση του κύκλου διάτασης – βράχυνσης είναι υψηλότερη έναντι της εκτέλεσης μόνο σύγκεντρης ενεργοποίησης του μυών λόγω νευρικών και μηχανικών παραγόντων

Η μυϊκή δύναμη εξαρτάται από:

- τον αριθμό των κινητικών μονάδων που ενεργοποιούνται
- τη συχνότητα ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων
- τον τύπο των κινητικών μονάδων που ενεργοποιούνται
- το μέγεθος του μυός
- το μήκος του μυός – γωνία της άρθρωσης
- την ταχύτητα της κίνησης
- το είδος της μυϊκής ενεργοποίησης

Μήκος του Μυός και Δύναμη του Μυός



Γωνία Άρθρωσης και Δύναμη Μυός

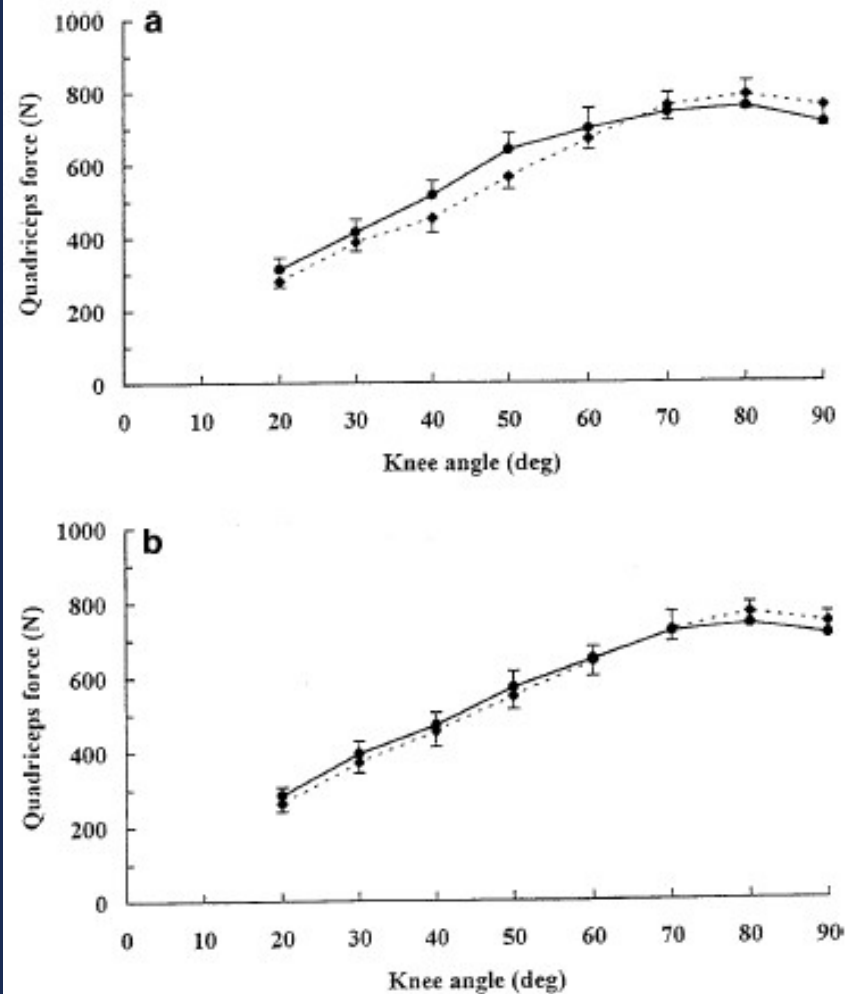
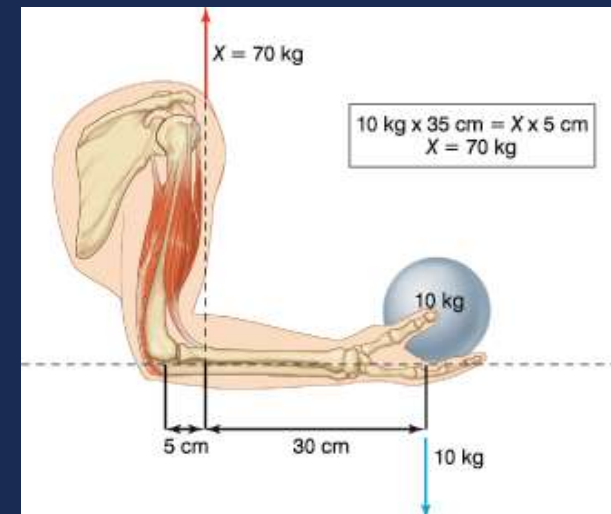
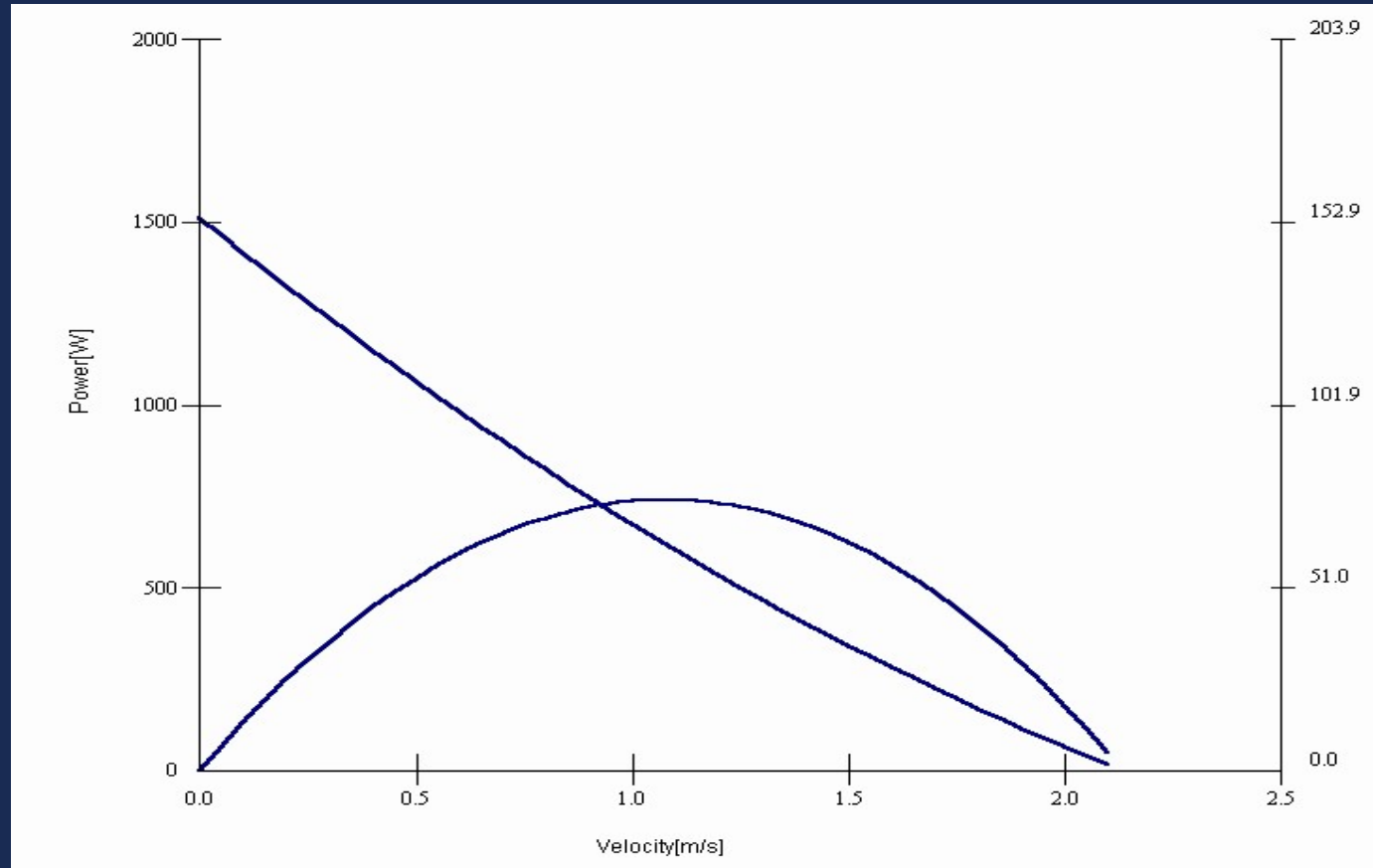


Fig. 2 The length tension relationship in the practicing (a) and control (b) legs before (diamonds and dotted lines) and after (circles and solid lines) practice. There were no significant differences over the practice period in either the peak force or the joint angle at which it occurred



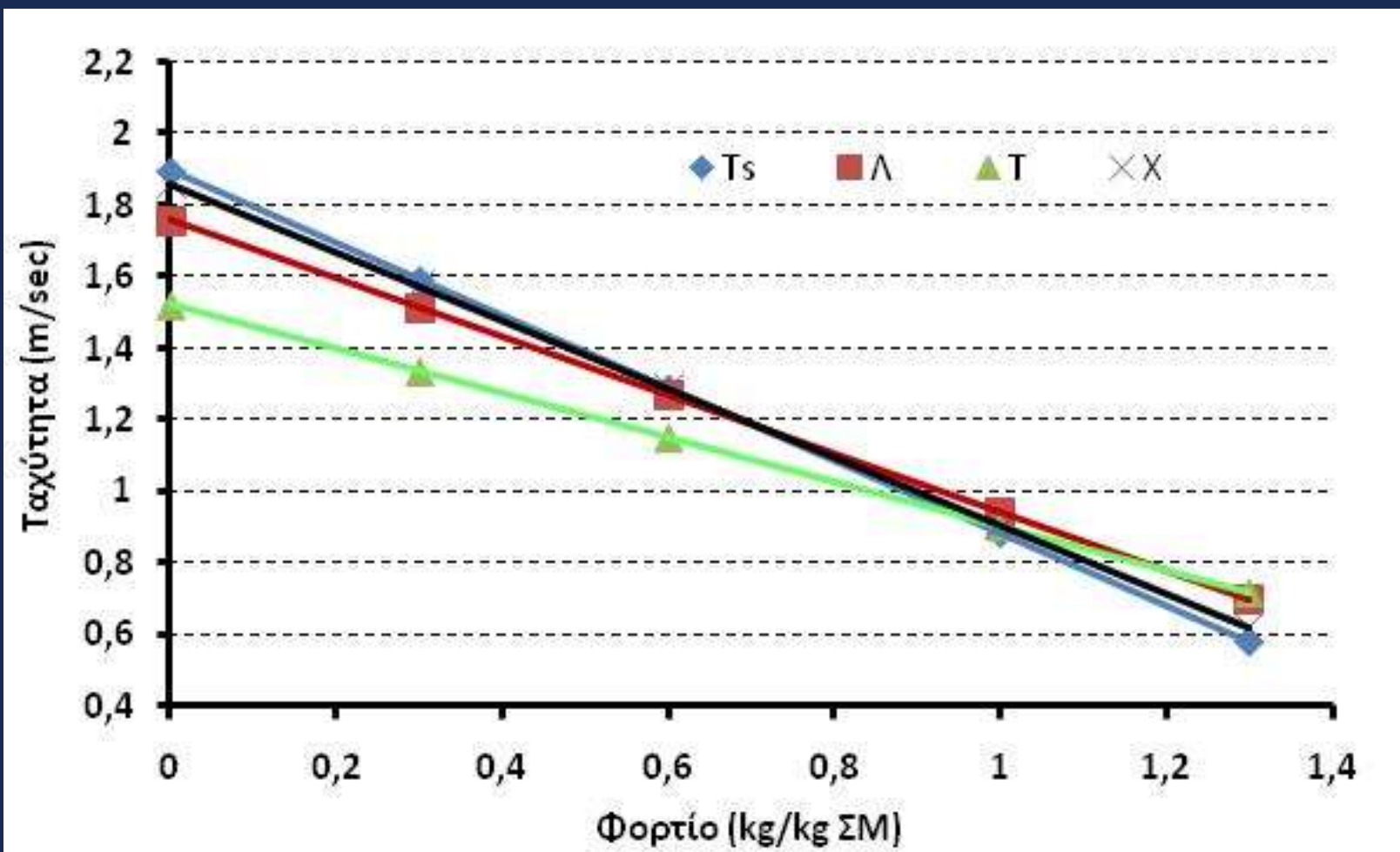
Rutherford O. et al. *Eur. J. Appl. Physiol.*
84: 133-140, 2001

Σχέση φορτίου – ταχύτητας και ισχύος - ταχύτητας

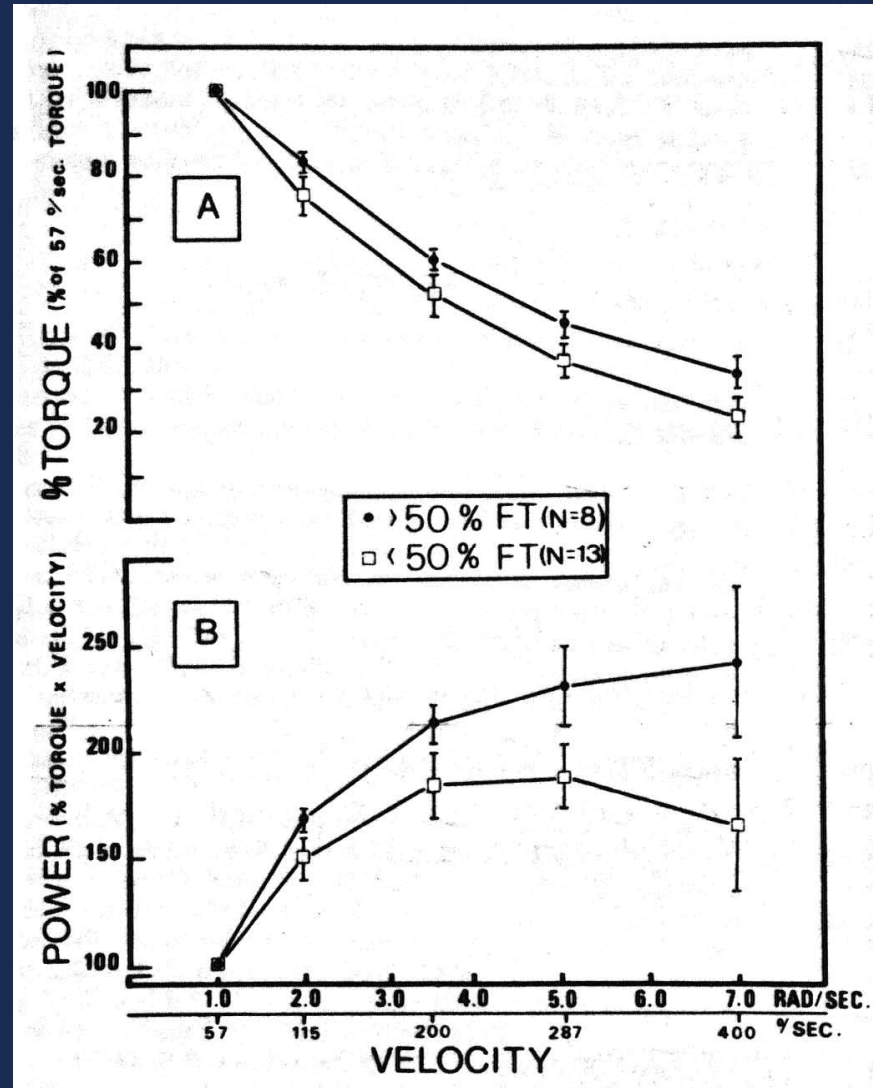


Δ.Π.Θ., Σ.Ε.Φ.Α.Α., Εργαστήριο Φυσικής Αγωγής & Άθλησης,
Κατεύθυνση Κλινικής Εργοφυσιολογίας & Φυσιολογίας της Άσκησης

Διαφοροποιήσεις μεταξύ αθλητών



Λειτουργικές διαφορές μυϊκών ινών ταχείας και βραδείας συστολής



Συσχέτιση της μυϊκής μάζας με την μέγιστη δύναμη και ισχύ

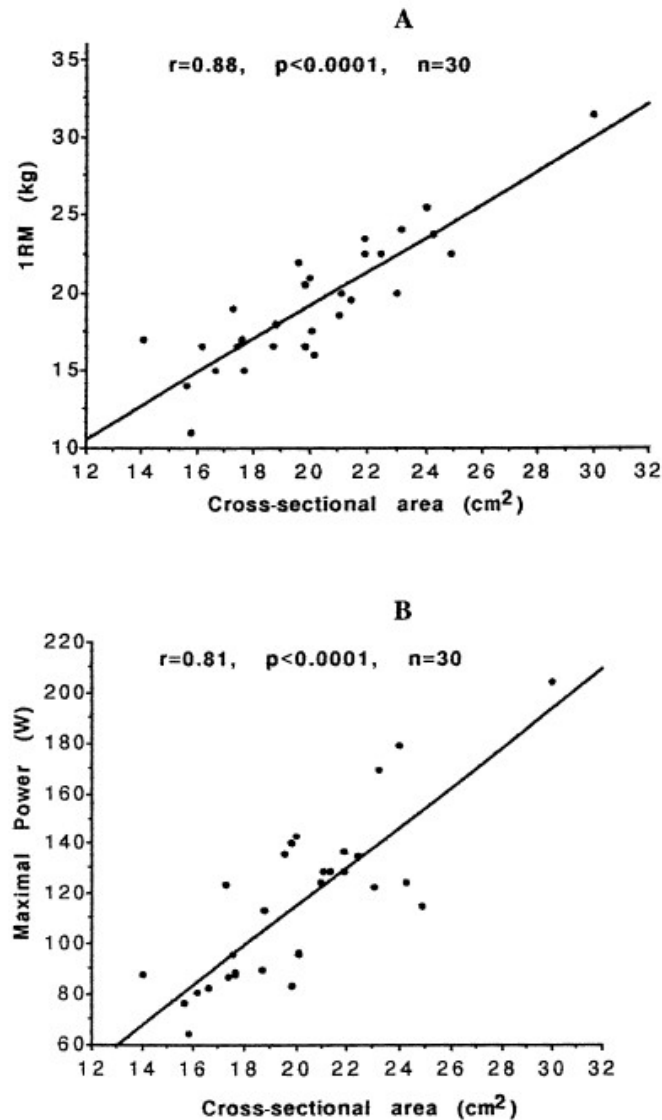
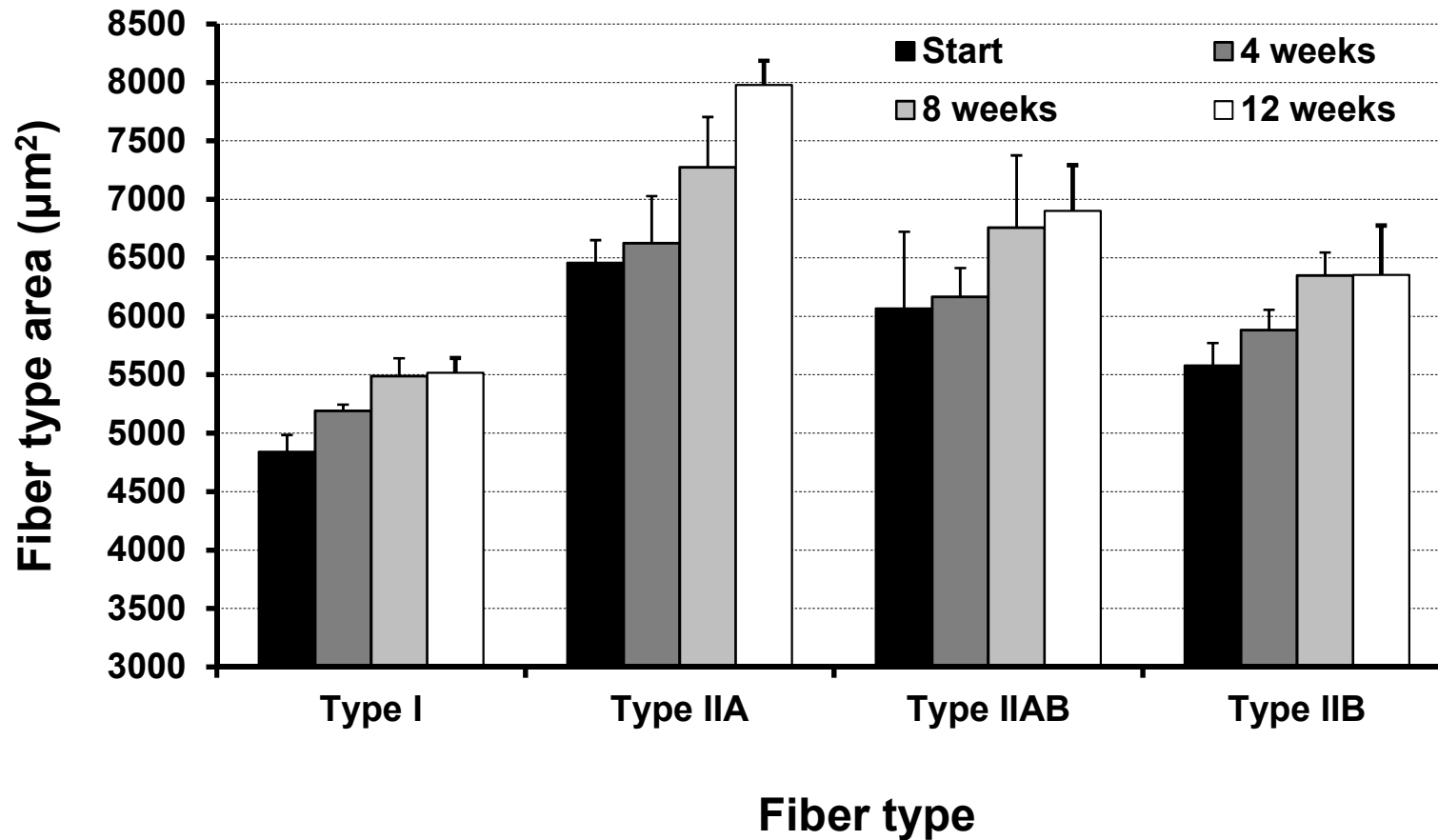


Fig. 5 Linear correlation between the anatomical cross-sectional area and one repetition maximum (*1RM*) of the elbow flexors (**A**), and linear correlation between the anatomical cross-sectional area and maximal power (**B**)

Moss B.M. et al. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol* 75: 193 – 199, 1997.

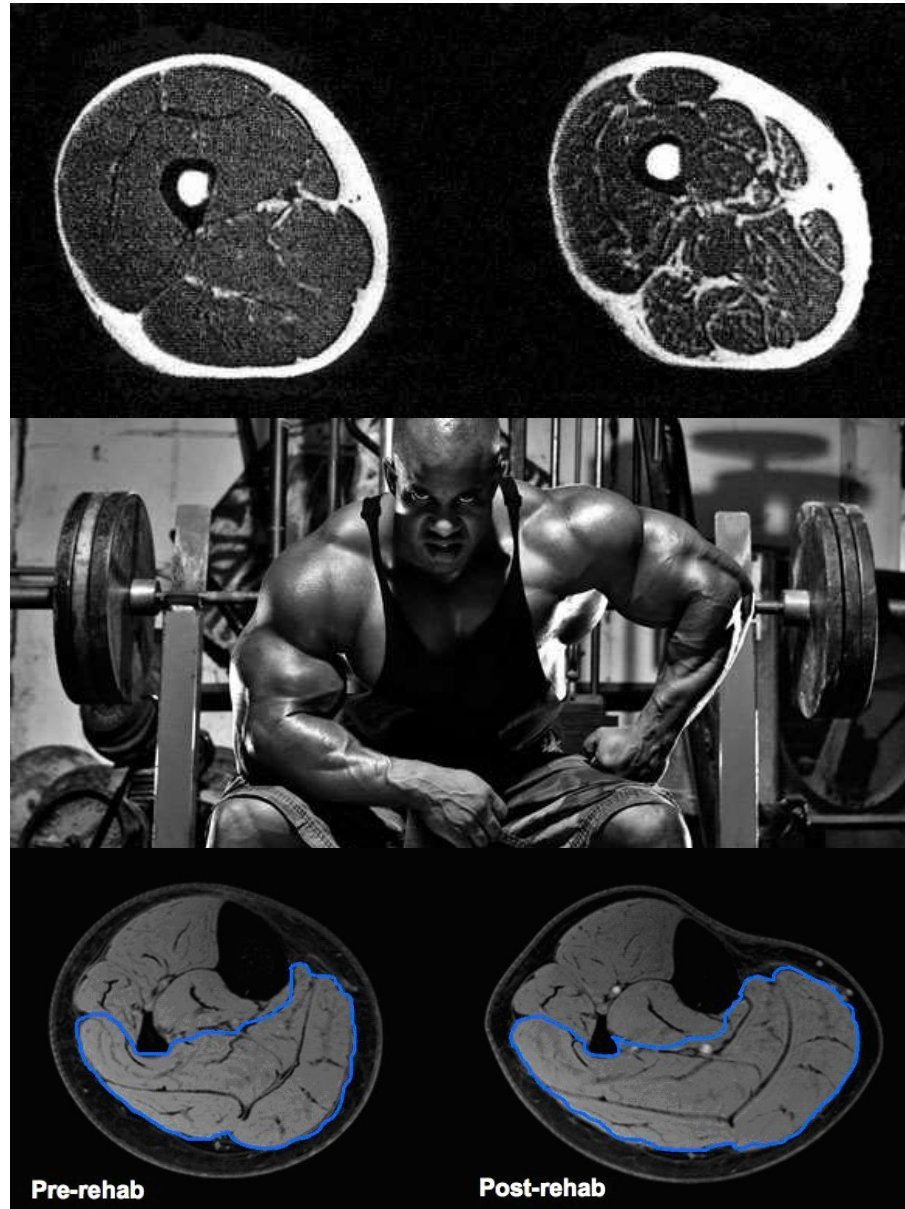
Μυϊκή υπερτροφία με την προπόνηση δύναμης



Κάθισμα, Πιέσεις ποδιών και εκτάσεις κνήμης
3 x 6 -8 RM, 2 min διάλειμμα, 3 φορές την εβδομάδα, 12 εβδομάδες

Green et al. Am. J. Physiol. 276(45): R591-R596, 1999

Μυϊκή Υπερτροφία



Τρίτη Ηλικία



Μεταβολή της μυϊκής μάζας με την ηλικία

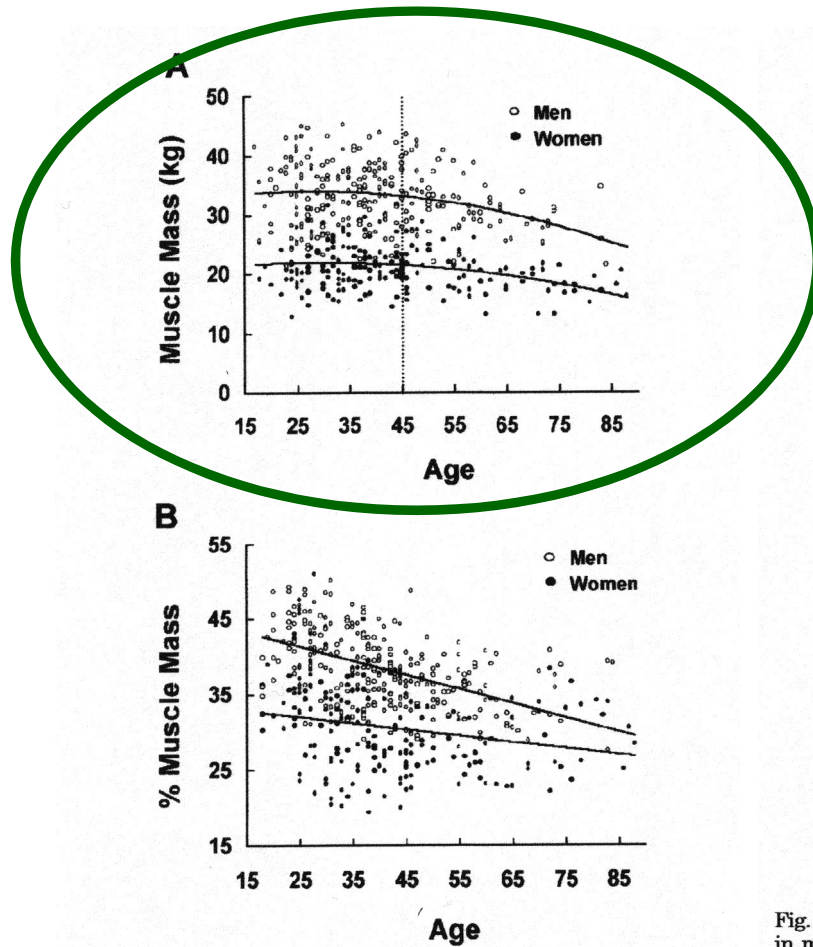


Fig. 2. A: relationship between whole body SM mass and age in men and women. Solid lines, regression lines. Men: SM mass = $-0.001(\text{age}^2) + 35.5$; SE of estimate (SEE) = 5.1. Women: SM mass = $-0.001(\text{age}^2) + 22.5$; SEE = 3.6. B: relationship between relative SM mass (body mass/SM mass) and age in men and women. Solid lines, regression lines. Note that slope of regression line is greater ($P < 0.01$) in men than in women. Men: SM mass = $-0.188(\text{age}) + 46.0$; SEE = 4.4. Women: SM mass = $-0.084(\text{age}) + 34.2$; SEE = 5.4.

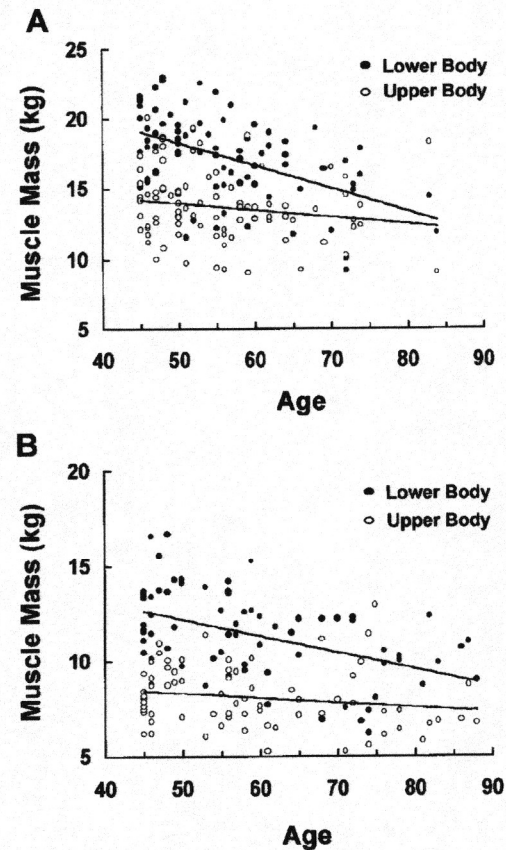


Fig. 3. A: relationship between upper body and lower body SM mass in men aged 45+ yr. Solid lines, regression lines. Only lower body SM was significantly ($P < 0.05$) related to age. Lower body: SM mass = $-0.063(\text{age}) + 20.6$; SEE = 3.0. Upper body: SM mass = $-0.029(\text{age}) + 15.3$; SEE = 2.5. B: relationship between upper body and lower body SM mass in women aged 45+ yr. Solid lines, regression lines. Both upper and lower body SM were significantly ($P < 0.01$) related to age. Slope of regression line for lower body is greater than slope of regression line for upper body ($P < 0.01$). Lower body: SM mass = $-0.049(\text{age}) + 14.3$; SEE = 2.4. Upper body: SM mass = $-0.019(\text{age}) + 9.2$; SEE = 1.8.

Janssen et al. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18 – 88 yr. *J.Appl. Physiol.* 89: 81 – 88, 2000.

Ο φαύλος κύκλος

σαρκοπενίας – σωματικής απόδοσης – καθημερινής δραστηριότητας – σωματικής δραστηριότητας και ανικανότητας

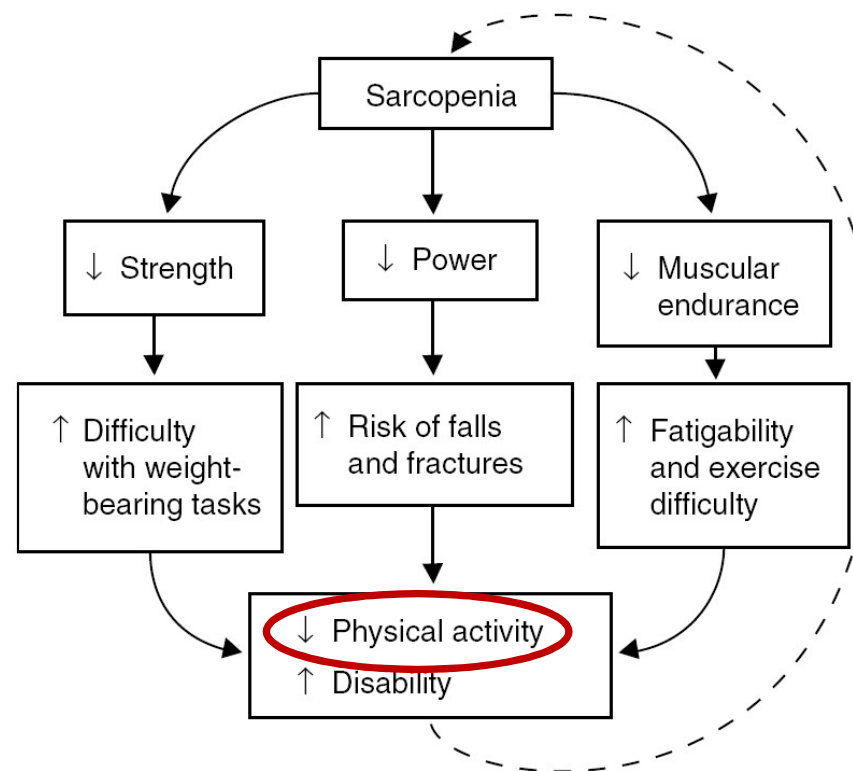


Fig. 1. A model of the functional consequences of age-related sarcopenia and the positive feedback loop by which the end result of reduced physical activity further exacerbates progression of the disorder. ↓ indicates decrease; ↑ indicates increase.

Ο φαύλος κύκλος

σαρκοπενίας – σωματικής απόδοσης – καθημερινής δραστηριότητας – σωματικής δραστηριότητας και ανικανότητας

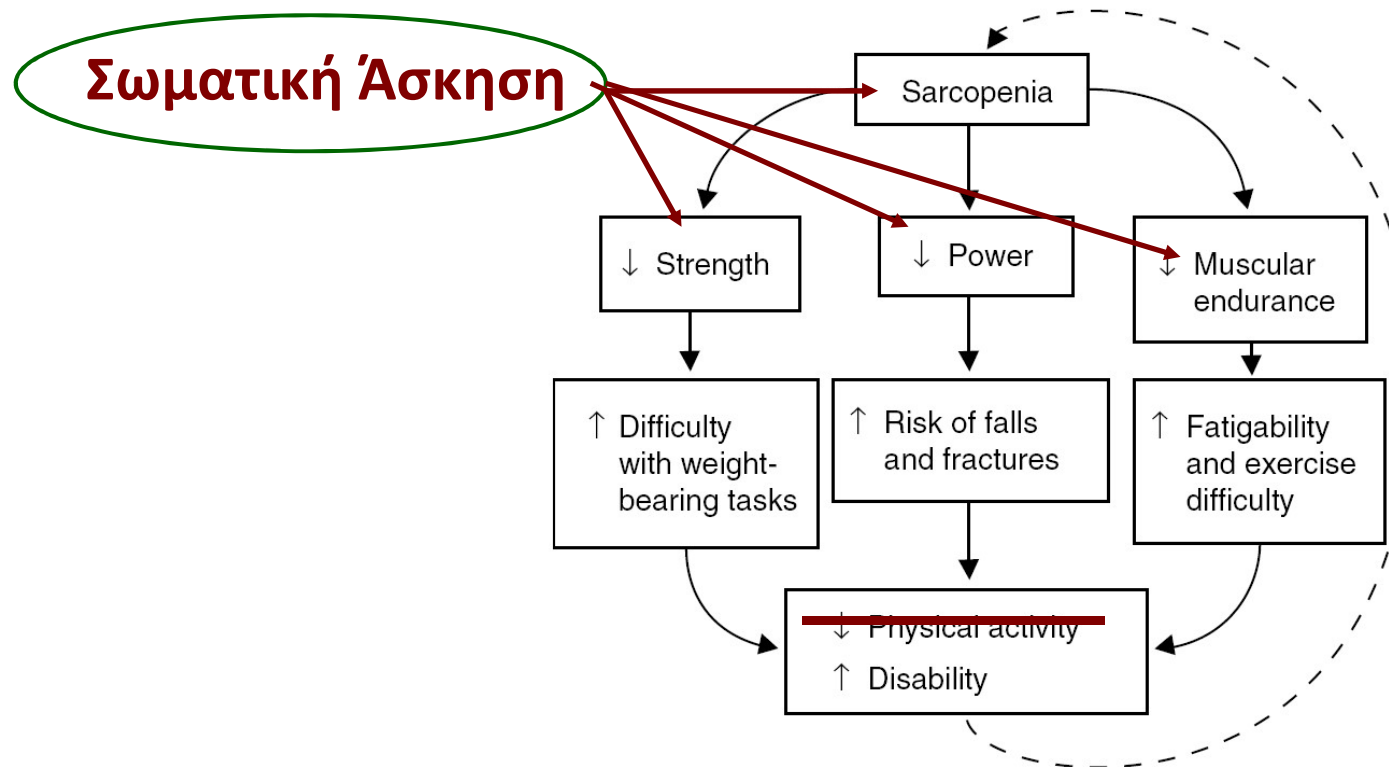
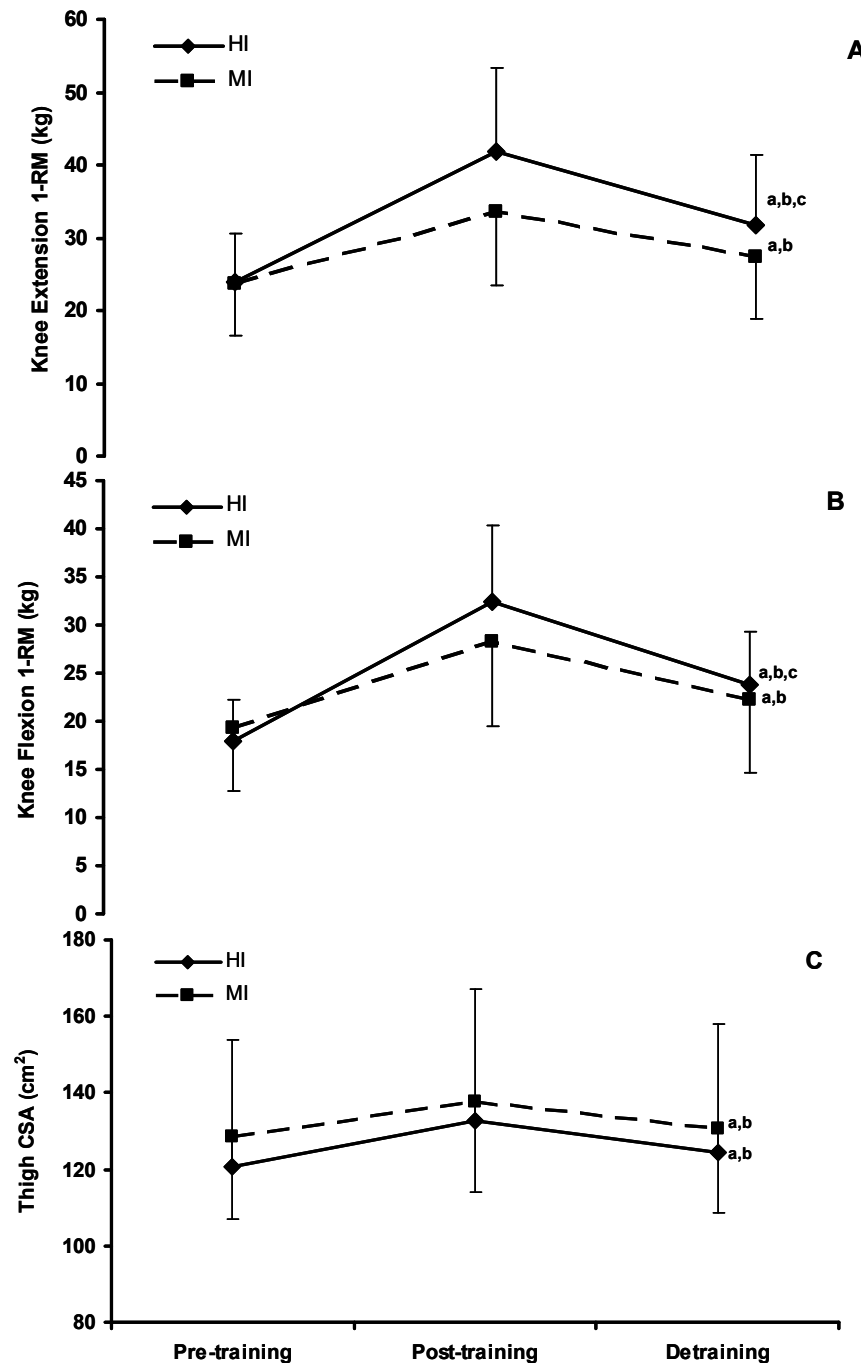


Fig. 1. A model of the functional consequences of age-related sarcopenia and the positive feedback loop by which the end result of reduced physical activity further exacerbates progression of the disorder. ↓ indicates decrease; ↑ indicates increase.

Άσκηση με Βάρη

12 εβδομάδες, 3 d/w,
3 x 8 x 80% (HI) vs 3 x 15 x 60% (LI),
2 min διάλειμμα,
6 ασκήσεις
12 εβδομάδες διακοπή της
προπόνησης

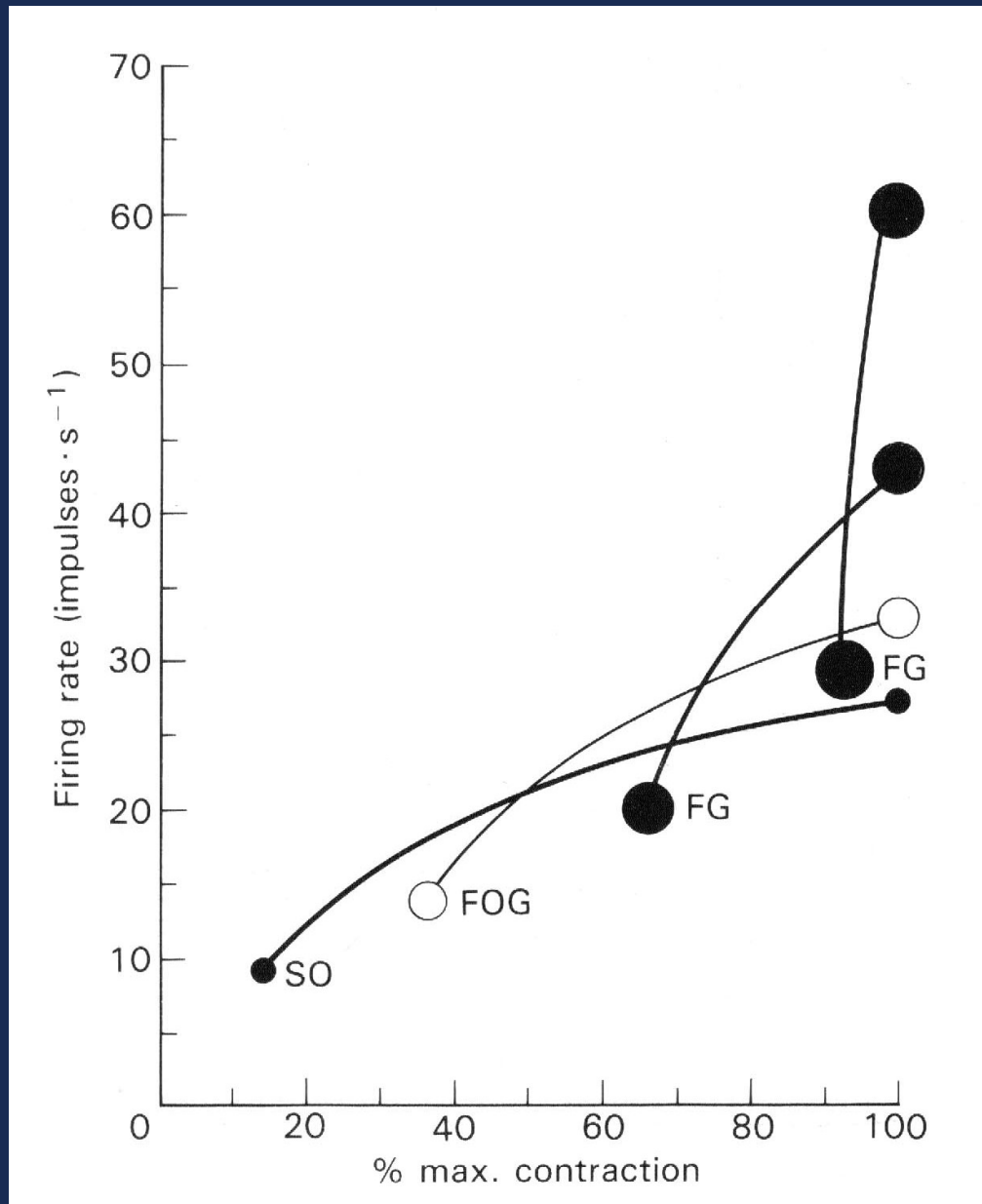


Tokmakidis S.P. V. Kalapotharakos,
I. Smilios, A. Parlavantzas.
Clin Physiol Funct Imaging 21: 316-319, 2009

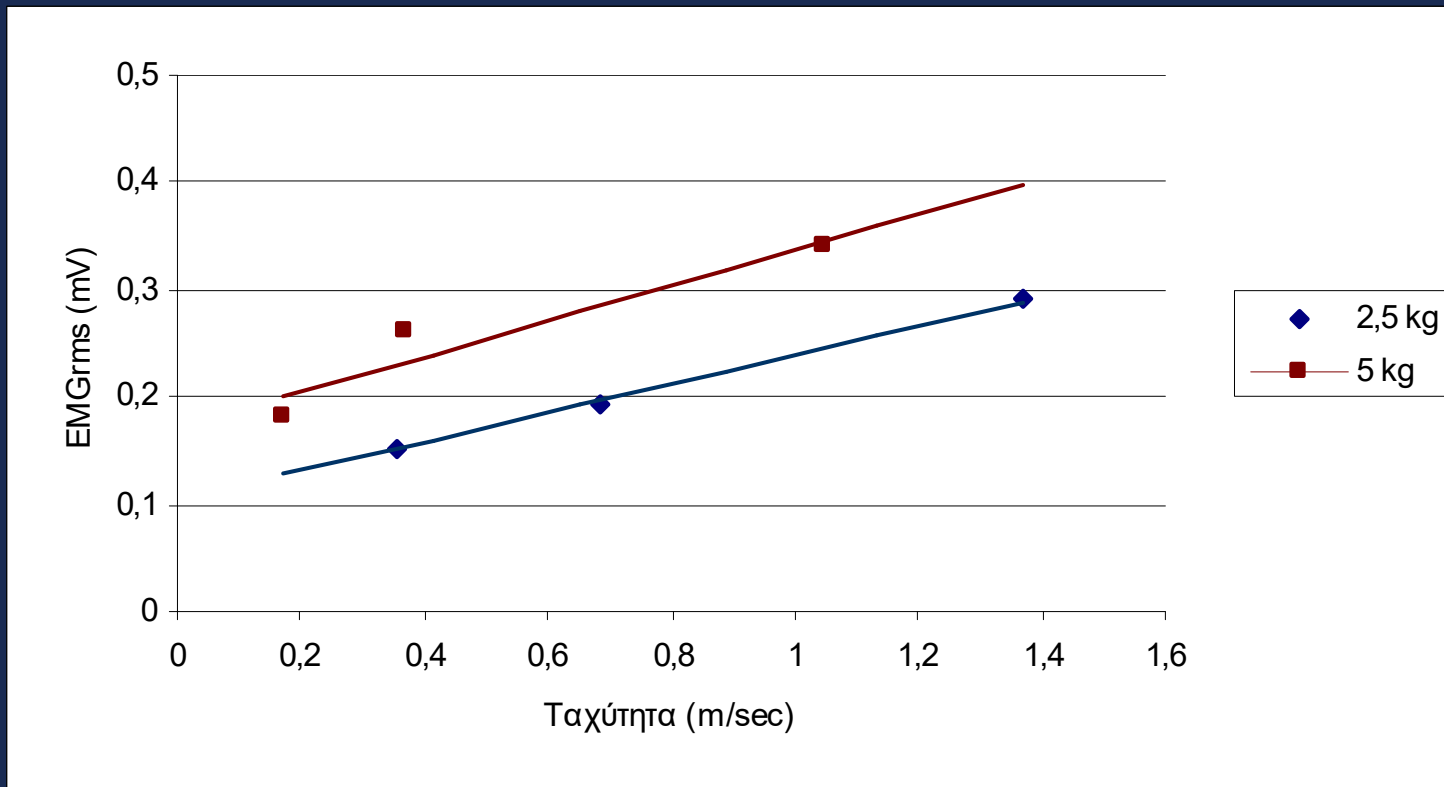
Επιστράτευση Κινητικών Μονάδων

Αριθμός και
Συχνότητα Ενεργοποίησης

Αρχή του Μεγέθους



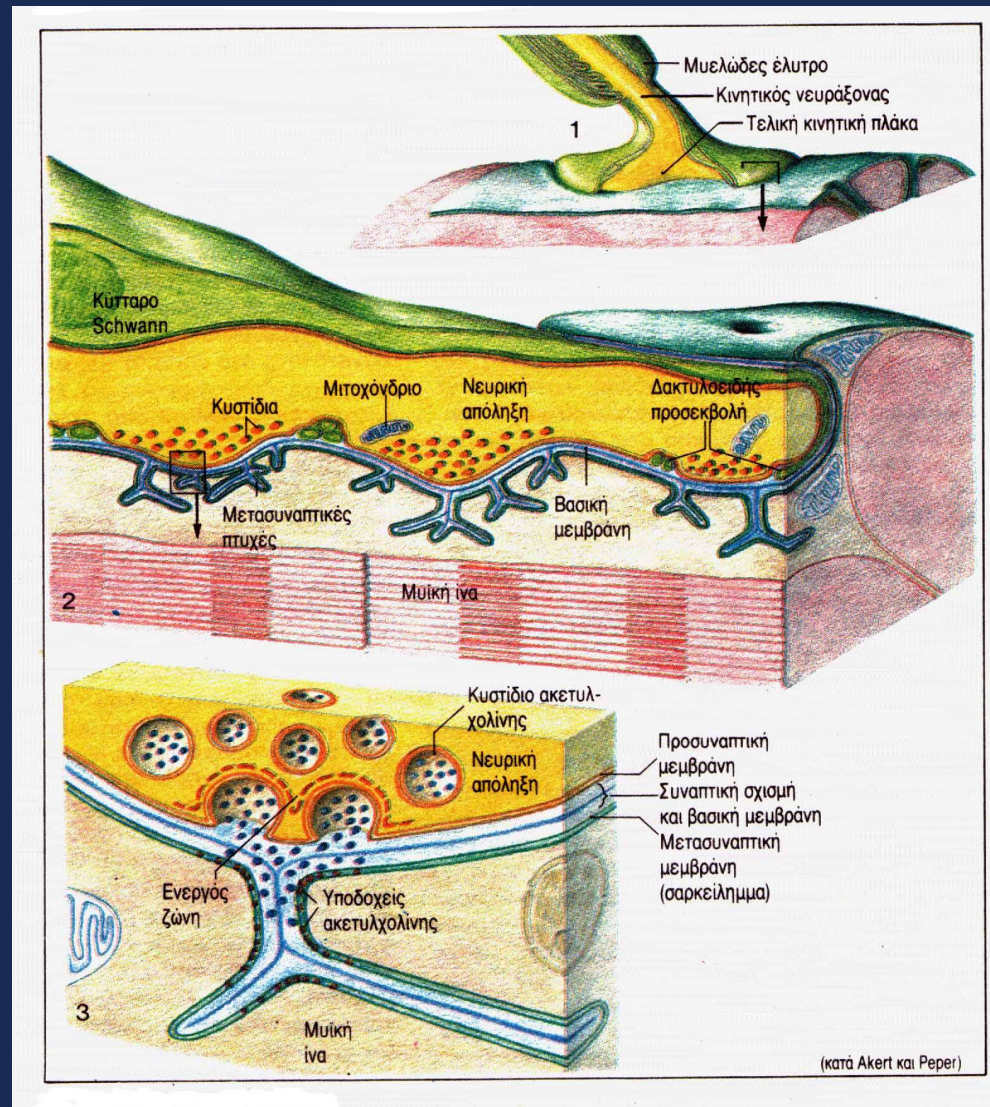
Νευρομυϊκή Ενεργοποίηση σε σχέση με το φορτίο και την ταχύτητα κίνησης



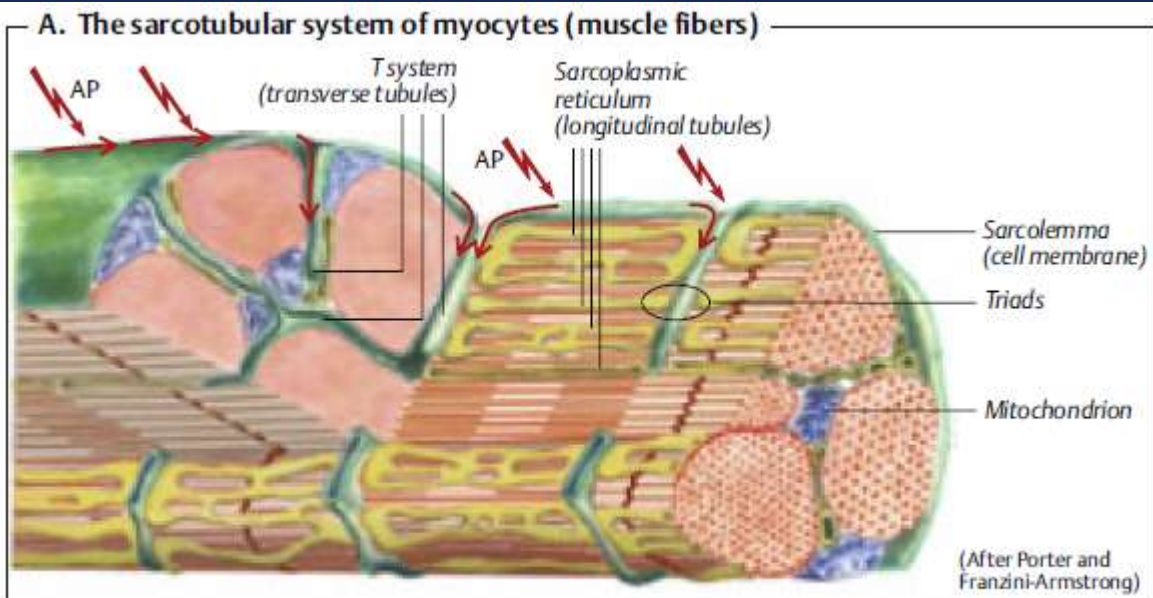
Νευρικές προσαρμογές με την προπόνηση δύναμης

- **αύξηση της ενεργοποίησης των αγωνιστών μυών**
 - ενεργοποίηση περισσότερων κινητικών μονάδων
 - αύξηση της συχνότητας ενεργοποίησης
 - σύγχρονη ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων
 - **καλύτερος συντονισμός ή αύξηση της ενεργοποίησης των συναγωνιστών μυών**
 - **μείωση της ανασταλτικών μηχανισμών**
 - **μείωση της ταυτόχρονης σύσπασης των ανταγωνιστών μυών**
-

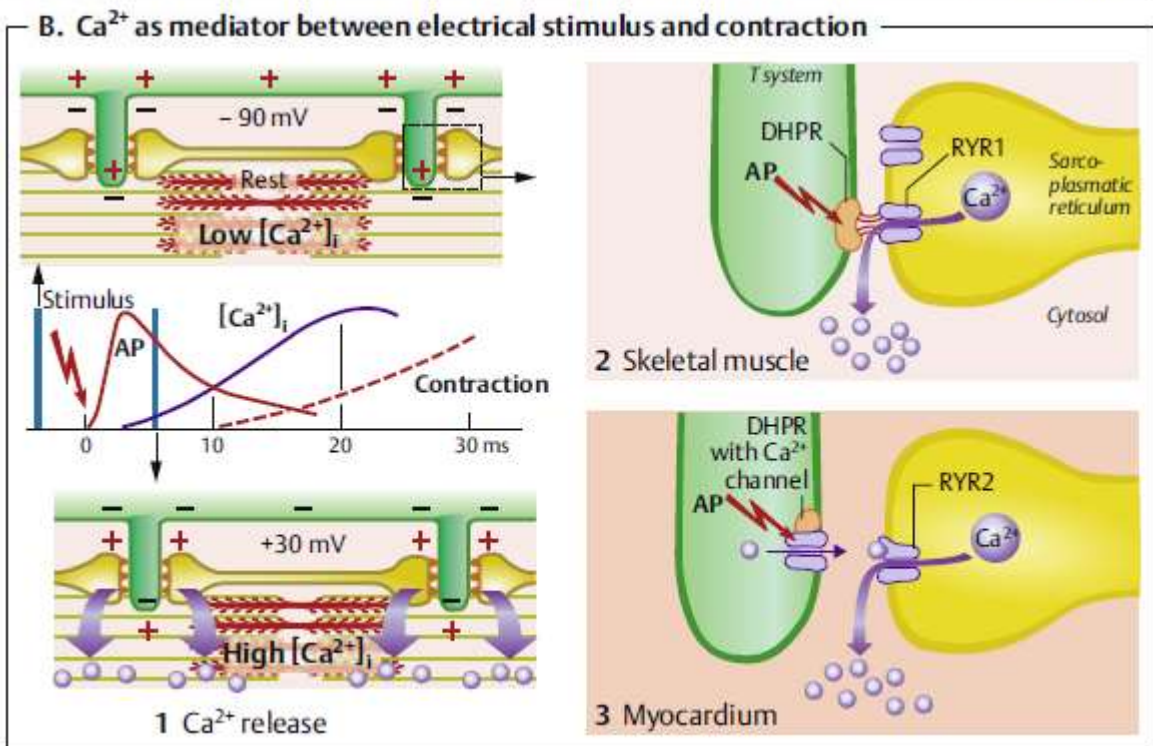
Νευρομυϊκή Σύναψη



Από Desrooulos A. και Silbernagl: *Εγχειρίδιο φυσιολογίας με έγχρωμο άτλαντα*, 1989



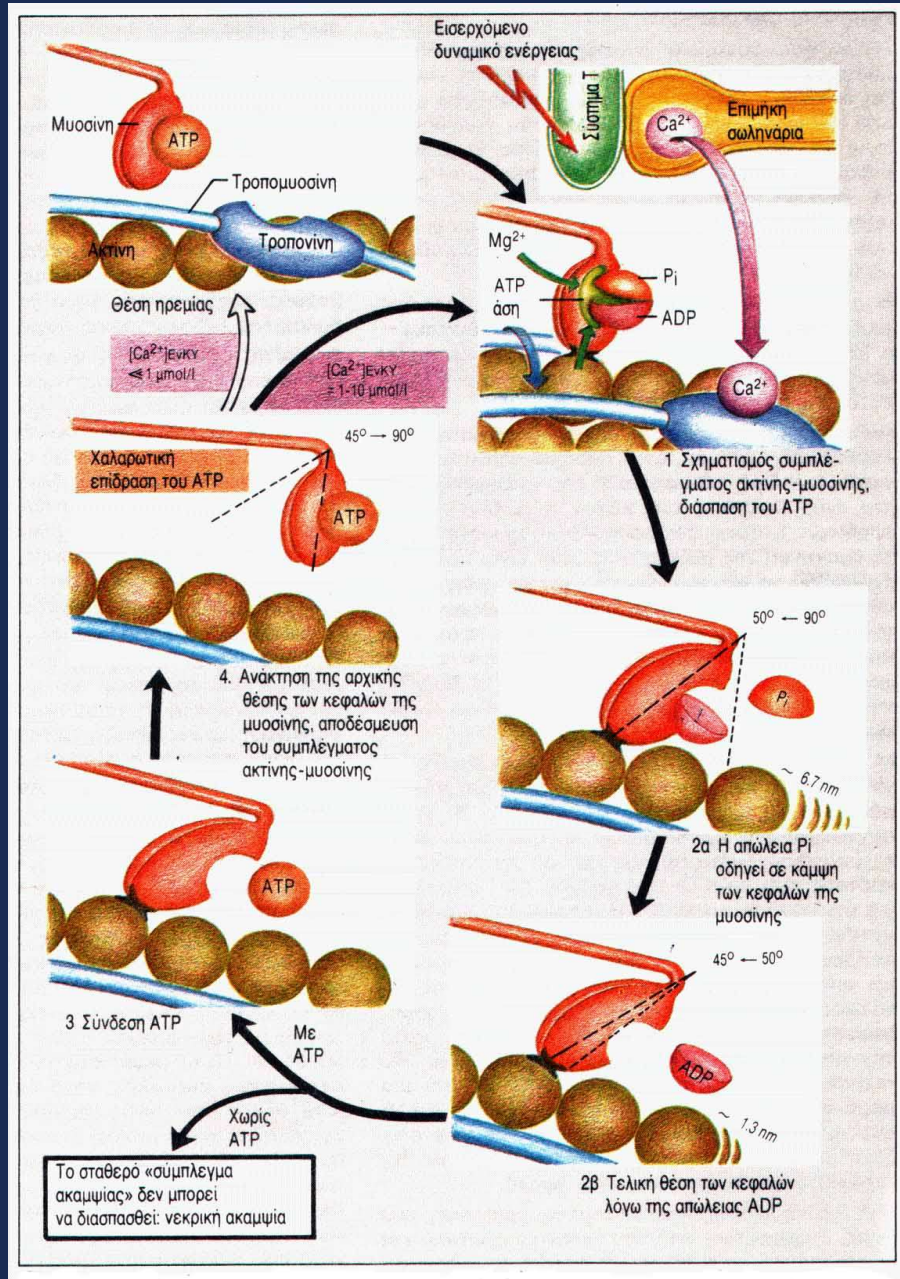
**Μετάδοση του δυναμικού
ενέργειας στο
σαρκοσωληναριακό σύστημα
του μυϊκού κυττάρου**



Από Silbernagl S. and A. Despopoulos. Color Atlas of Physiology, 6th ed., 2008.

Μυϊκή Σύσπαση

Θεωρία της Διολίσθησης των Μυονημάτων



Από Desrooulos A. και Silbernagl: *Εγχειρίδιο φυσιολογίας με έγχρωμο άτλαντα*, 1989

