

Σημειώσεις του Μαθήματος: Επιβάρυνση του Μυοσκελετικού Συστήματος στον Αθλητισμό

Διδάσκοντες:
Γιάννης Γιάκας
Δημήτρης Τσαόπουλος

Σκοπός Μαθήματος

Ο σκοπός του μαθήματος είναι να εξοικειωθεί ο φοιτητής με τις θεωρητικές βάσεις της Μηχανικής του Μυοσκελετικού Συστήματος και τις μεθόδους μέτρησης και υπολογισμού της επιβάρυνσης του μυοσκελετικού συστήματος στον αθλητισμό και την άσκηση.

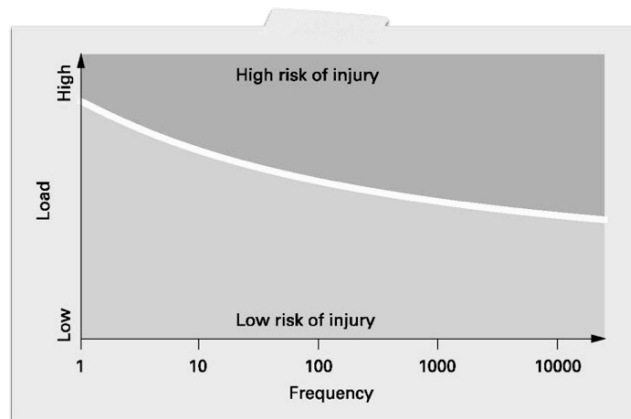
Μηχανικές Ιδιότητες του Μυοσκελετικού συστήματος

Θεωρητικές βάσεις της Μηχανικής του Μυοσκελετικού Συστήματος(μύες, τένοντες, σύνδεσμοι, αρθρώσεις) και μέθοδοι μέτρησης και υπολογισμού της επιβάρυνσης του μυοσκελετικού συστήματος στον αθλητισμό και την άσκηση.

Ερωτήματα...



Ο κίνδυνος κατάγματος λόγω επιβάρυνσης του οστού είναι μεγαλύτερος όταν ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης είναι χαμηλότερος ή υψηλότερος?

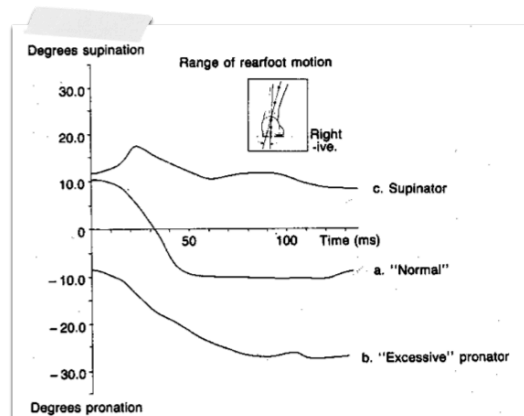


Διάγραμμα επιβάρυνσης και ρυθμού εφαρμογής επιβάρυνσης. Στο διάγραμμα επίσης παρουσιάζεται ξεκάθαρα πότε ο κίνδυνος τραυματισμού είναι μεγάλος και πότε μικρός.

Ερωτήματα...



Sports Injuries - The Knee © 2001 Primal Pictures Ltd.



Τι συμβουλή θα δίνετε σε έναν αθλητή ο οποίος πάσχει από υπερπρηνισμό και κατά την διάρκεια του τρεξίματος αντιμετωπίζει έντονο πόνο στο γόνατο;

Ερωτήματα...

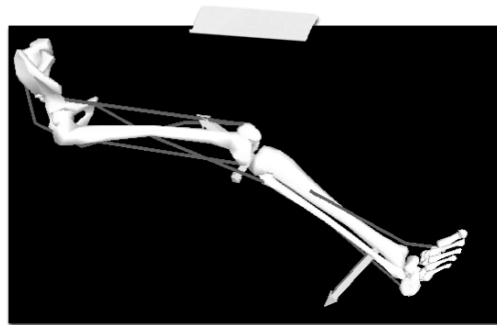


Ερωτήματα...



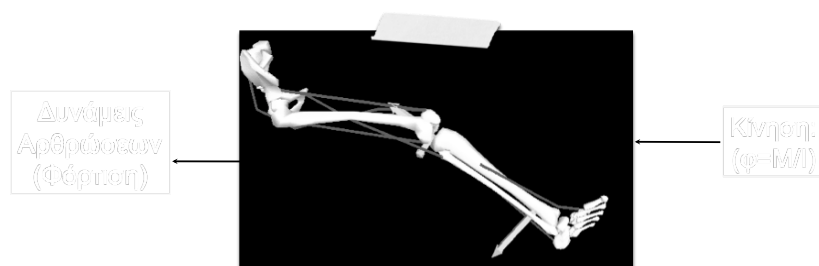
Σε ποιά περιοχή του εύρους κίνησης του γονάτου φορτίζεται περισσότερο ο Πρόσθιος Χιαστός Σύνδεσμος ?

Μοντελοποίηση του Μυοσκελετικού συστήματος

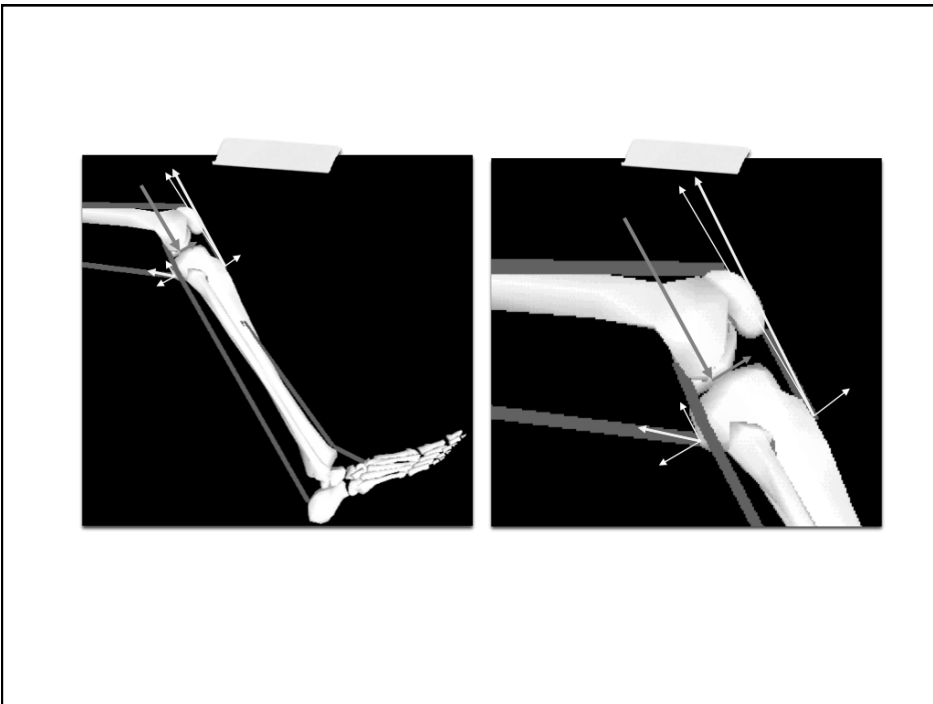
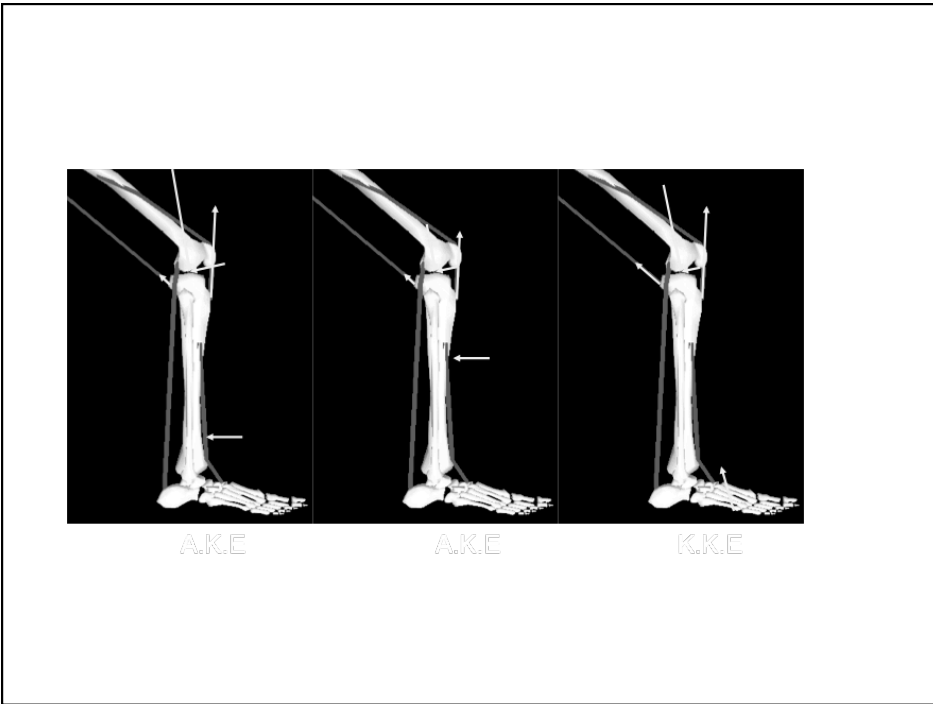


Η Αξιοπιστία και η Εγκυρότητα του Μοντέλου επηρεάζουν την πρόβλεψη των επιβαρύνσεων

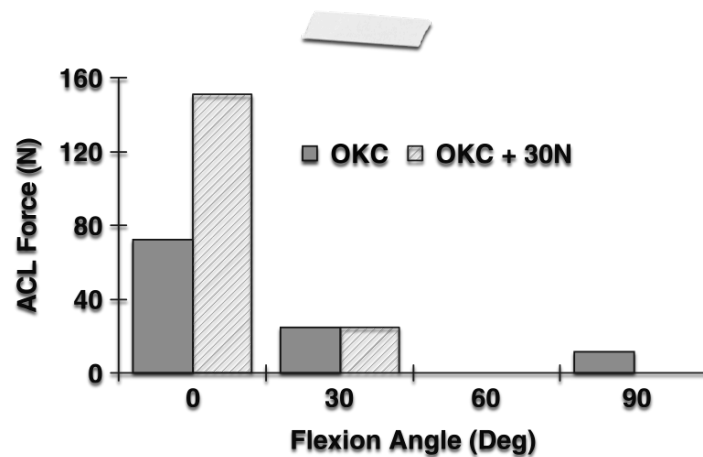
Αντίστροφη Δυναμική (Inverse Dynamics)



Εφαρμογές Αντίστροφης Δυναμικής με μυοσκελετικά μοντέλα:
 Πώς επιβαρύνεται το μυοσκελετικό σύστημα κατά την διάρκεια των αθλητικών κινήσεων?



Πίσω στα Ερωτήματα...



Διάγραμμα επιβάρυνσης του πρόσθιου χιαστού σύνδεσμου σε διάφορες γωνίες της άρθρωσης του γόνατος.

Μηχανισμός του Τραυματισμού

Για να κατανοήσουμε τον μηχανισμό του τραυματισμού, είναι επιτακτικό να κατανοήσουμε τις μηχανικές ιδιότητες των διαφόρων βιολογικών υλικών και τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρονται κάτω από διαφορετικές συνθήκες επιβάρυνσης.

Μηχανικές Ιδιότητες του Μυοσκελετικού συστήματος

Θεωρητικές βάσεις της Μηχανικής του
Μυοσκελετικού Συστήματος(μύες, τένοντες,
σύνδεσμοι, αρθρώσεις)

Τραυματισμός

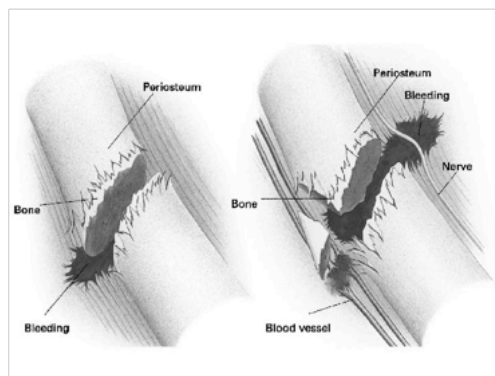
Καταστροφή της δομής των ποικίλων βιοϋλικών

Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Bone Injuries
- Joint Injuries
- Muscle Injuries
- Tendon Injuries

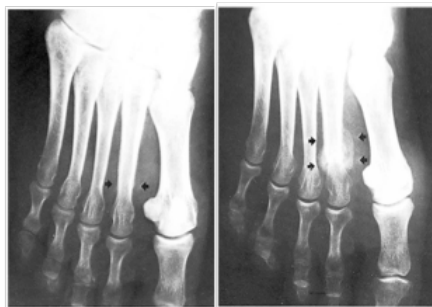
Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Bone Injuries
 - Fractures



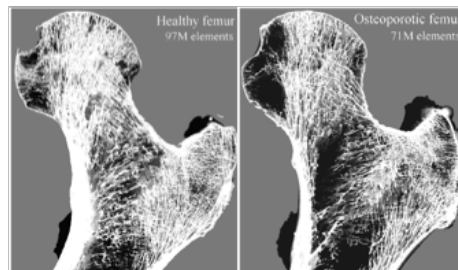
Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Bone Injuries
 - Fractures
 - Stress Fractures



Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Bone Injuries
 - Fractures
 - Stress Fractures
 - Osteoporosis

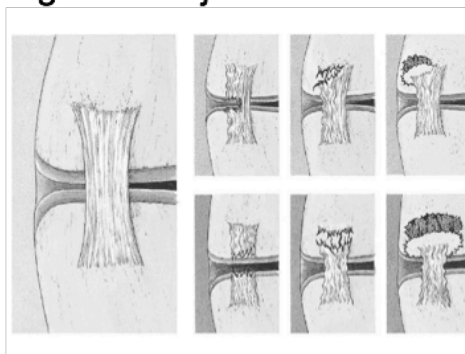


Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Joint Injuries
 - Ligament Injuries
 - Dislocations
 - Articular cartilage injuries
 - Diseases of the joints (Osteoarthritis, Rheumatoid arthritis)

Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Joint Injuries
 - Ligament Injuries



Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Joint Injuries
 - Ligament Injuries



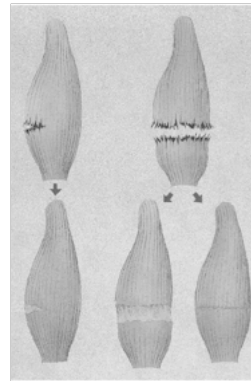
Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Joint Injuries
 - Ligament Injuries
 - Dislocations
 - Articular cartilage injuries



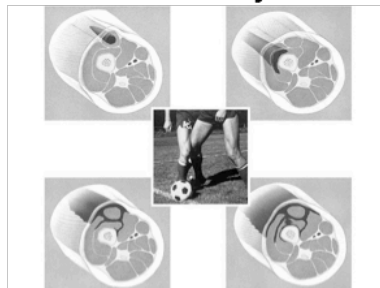
Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Muscle Injuries
 - Muscle ruptures



Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

- Muscle Injuries
 - Muscle ruptures
 - Other muscle injuries



intramuscular or
intermuscular
hematomas

Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

■ Tendon Injuries

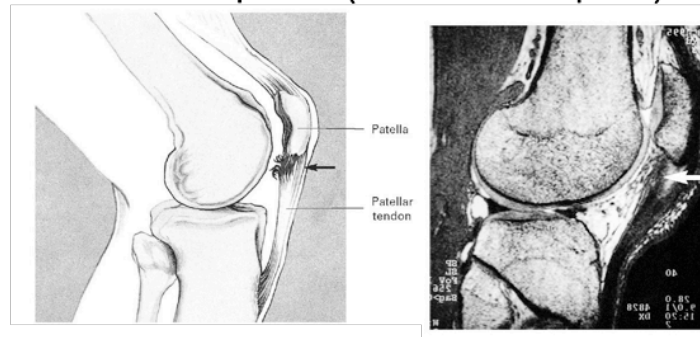
- Tendon ruptures (Partial & Complete)



Τραυματισμοί στο μυοσκελετικό σύστημα

■ Tendon Injuries

- Tendon ruptures (Partial & Complete)



Τραυματισμός

Ο τραυματισμός εξαρτάται:

- Από την φύση της επιβάρυνσης
- Την επίδραση της επιβάρυνσης
- Την φύση των βιολογικών υλικών
- Την αντίδραση των ιστών στην επιβάρυν

Μηχανική των μυών και των ΤΕΝΟΝΤΩΝ

TENONTΑΣ

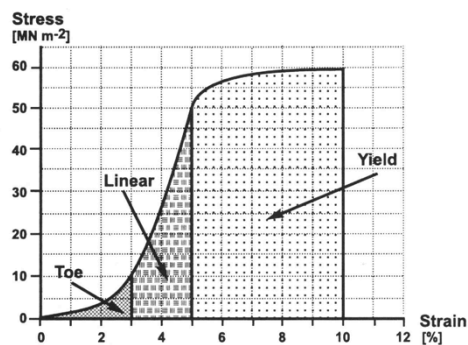
❑ Λειτουργία

- ✓ συνδέει τους μύες στα οστά
- ✓ μεταδίδει τη μυϊκή τάση στα οστά
- ✓ αυξάνει το μήκος του μυός

❑ Σύνθεση

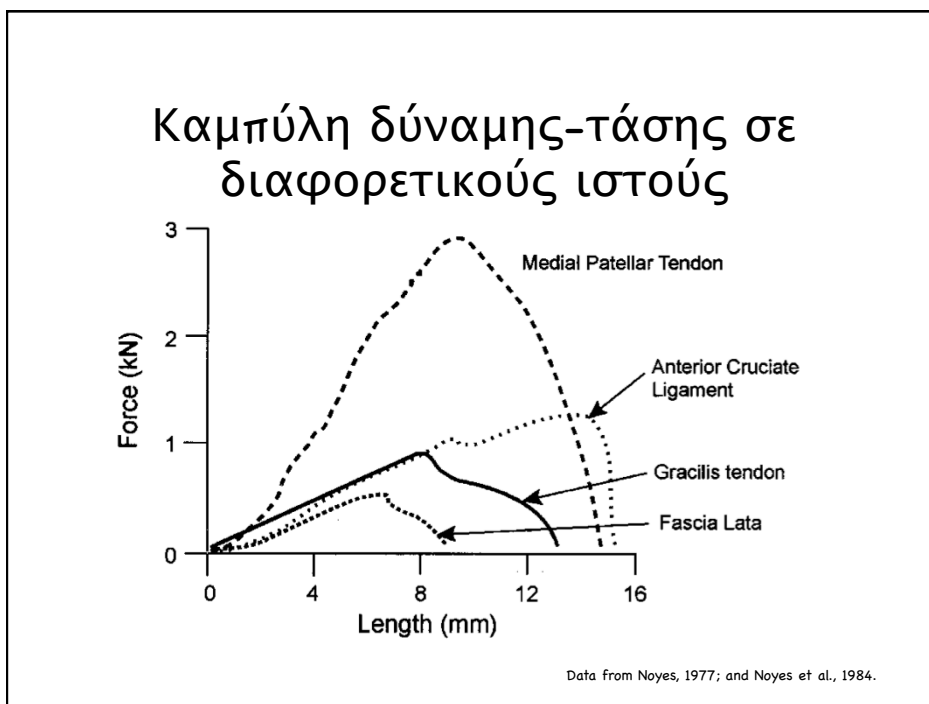
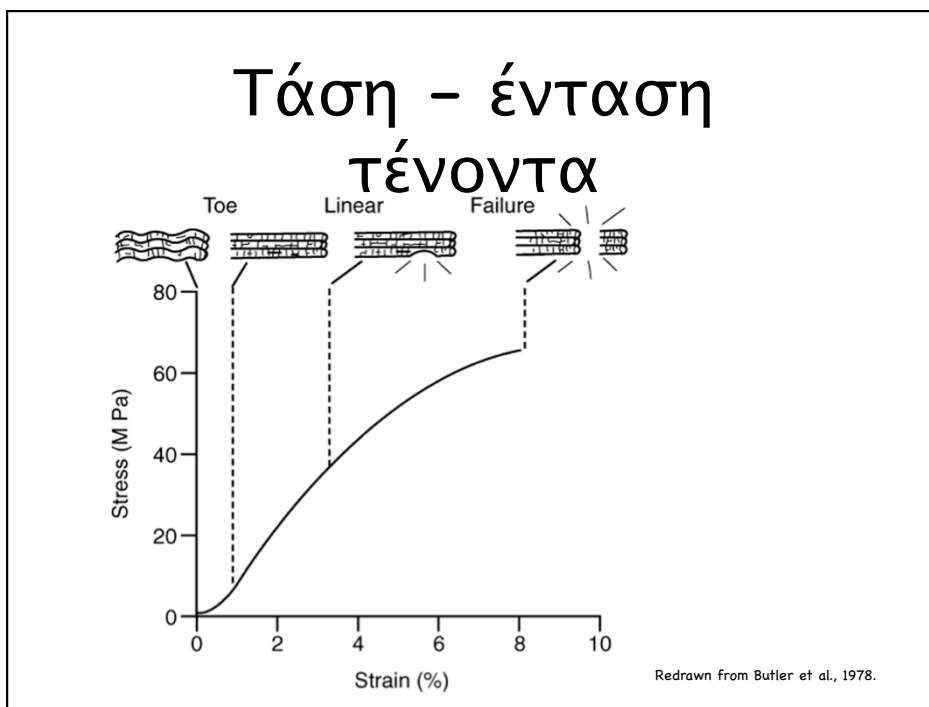
- ✓ 20% κυτταρικά στοιχεία
- ✓ 80% μη κυτταρικά {70% νερό, 30% στερεά (75-99% κολλαγόνο τύπου I, υαλόπλασμα, ελαστίνη)}

❑ Τυπική καμπύλη τάσης-έντασης τένοντα



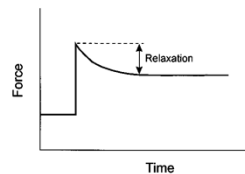
Nigg & Herzog, 1999

- αρχική (toe) περιοχή: μικρή αύξηση τάσης, ευθυγράμμιση κυματοειδών ινών, δύναμη συνάφειας μεταξύ κολλαγόνου-υαλοπλάσματος (<3% ένταση)
- γραμμική (linear) περιοχή: παραμόρφωση με σχεδόν γραμμική σχέση με την τάση (4-5% ένταση).
- περιοχή παραμόρφωσης (yield): προοδευτική αστοχία ινών κολλαγόνου μετά από συγκεκριμένο φορτίο. Ένταση 5 μέχρι 8-10%

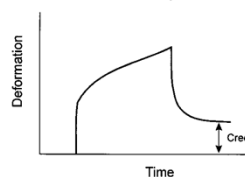


Χαρακτηριστικά Τένοντα

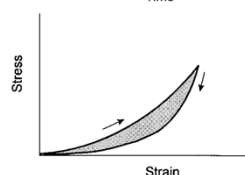
Επιμήκυνση τένοντα και μέτρηση
δύναμης



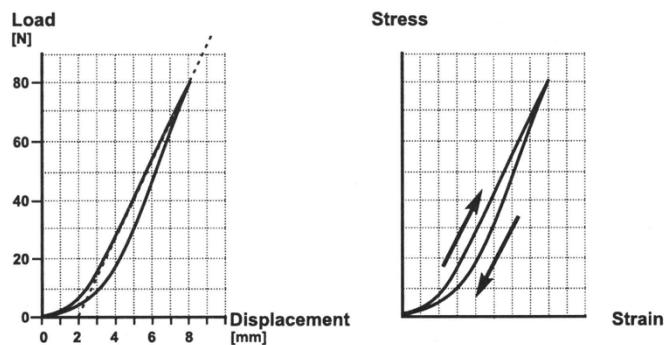
Επιμήκυνση τένοντα και μέτρηση
μήκους



Σχέση μήκους - δύναμης



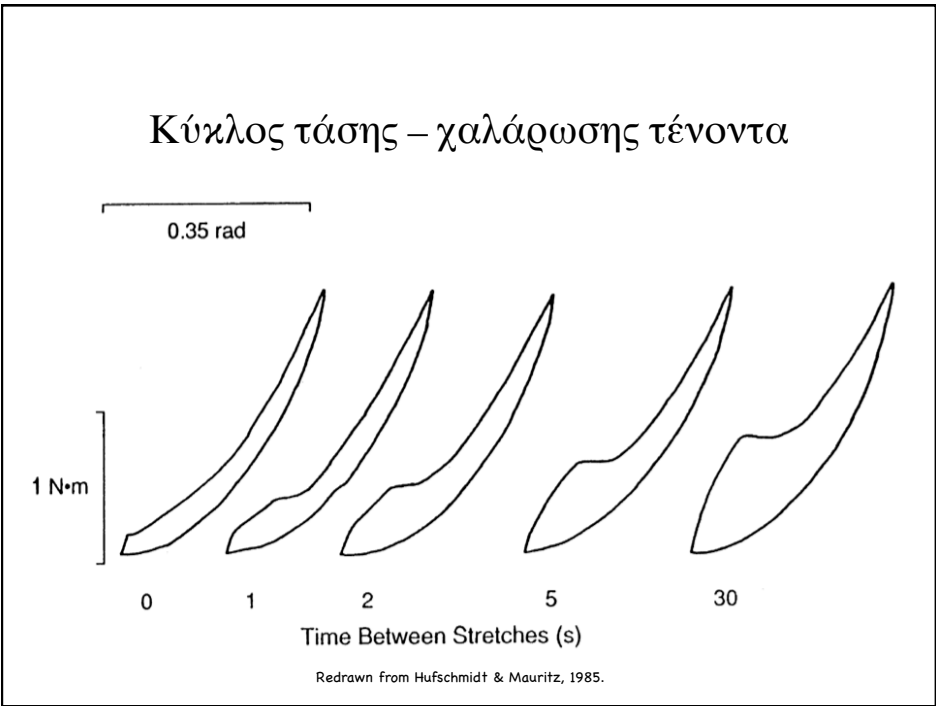
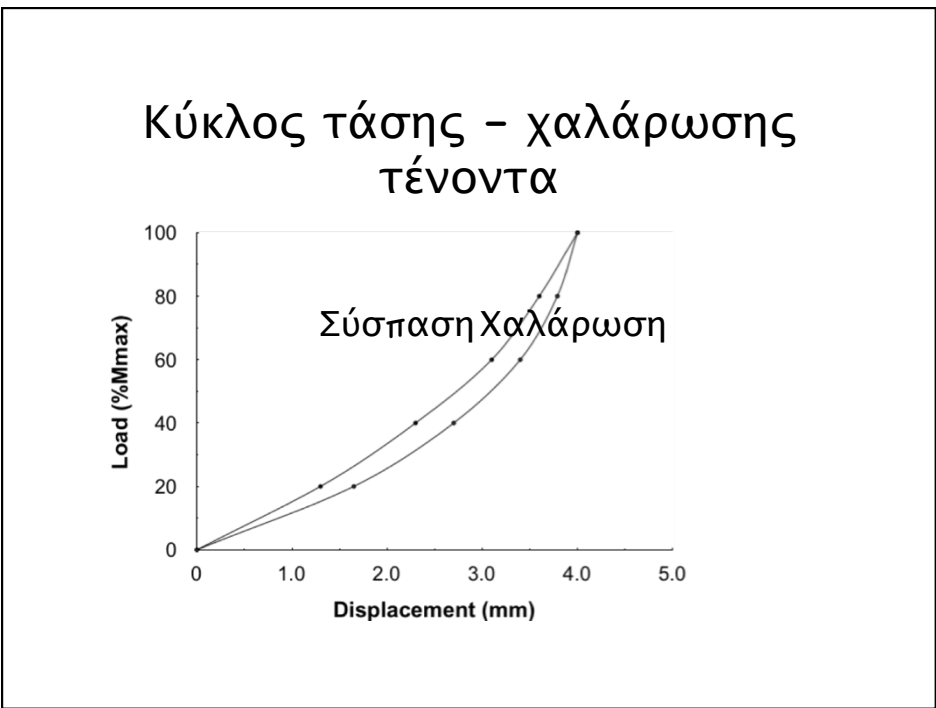
□ Διάταση, επαναφορά και υστέρηση του τένοντα



(Bennett et al, 1986)

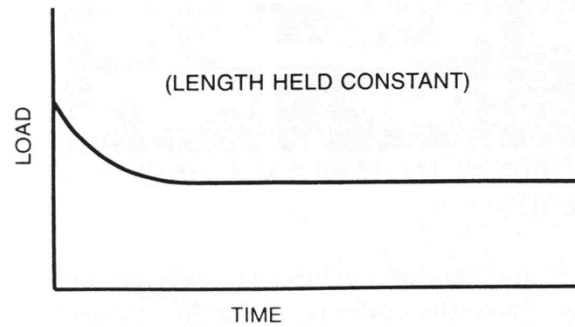
✓ Υστέρηση (hysteresis): $\frac{\text{εμβαδόν «θηλιάς»}}{\text{εμβαδόν κάτω από καμπύλη επιμήκυνσης}} \times 100 (\%)$

- Τιμές υστέρησης: 6% (Ker, 1981), 6-11% (Bennett et al, 1986) ανεξάρτητες από συχνότητα παραμόρφωσης (0.2-70Hz)



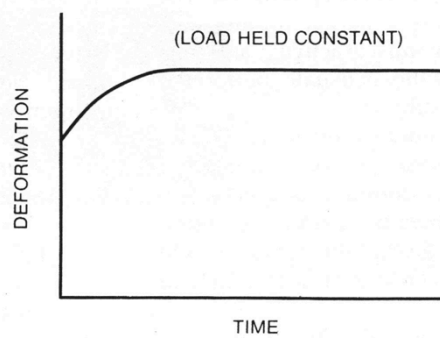
☐ Viscoelastic ιδιότητες του τένοντα

- ✓ Τεστ φόρτισης-χαλάρωσης (load-relaxation test)



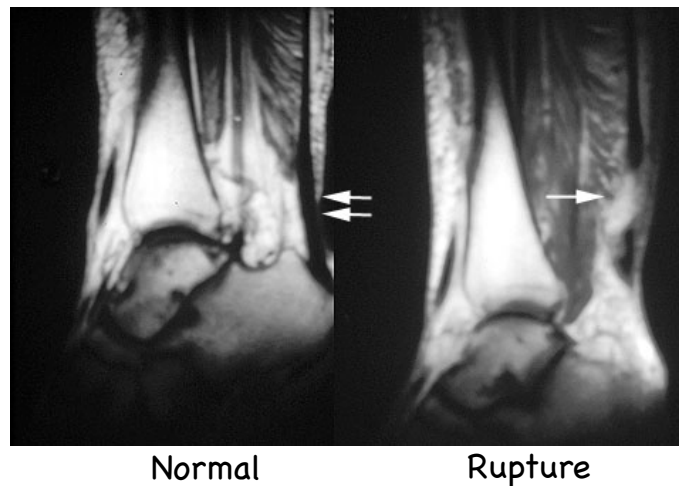
Με σταθερή επιμήκυνση (μετά από ασφαλή φόρτιση) η τάση μειώνεται αρχικά γρήγορα και στη συνέχεια προοδευτικά πιο αργά (Nordin & Frankel, 1989)

- ✓ Τεστ παραμόρφωσης λόγω παρατεταμένης τάσης (creep test)

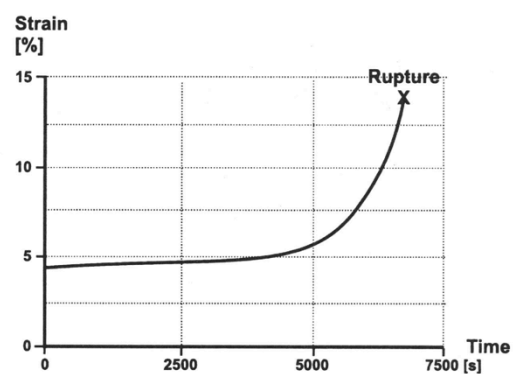


Με σταθερή τάση (μετά από ασφαλή φόρτιση) η παραμόρφωση αυξάνεται αρχικά γρήγορα και στη συνέχεια προοδευτικά πιο αργά (Nordin & Frankel, 1989)

MRI



☐ Παραμόρφωση (ρήξη) λόγω παρατεταμένης τάσης (creep failure)



Σταθερή τάση
30MPa.
Θερμοκρασία 37°C.
Μήκος τένοντα
ουράς καγκουρώ
150mm (Wang &
Ker, 1995)

- ✓ Ρήξη σε τιμές τάσης σημαντικά μικρότερες από αυτές μιας απλής φόρτισης
- ✓ Μεταξύ 20 και 80MPa εκθετική μείωση χρόνου ρήξης
- ✓ Σε τάση 10MPa καμία ρήξη μετά από 15 μέρες
- ✓ Φυσιολογικές τιμές τάσης 14MPa

❑ Παραμόρφωση (ρήξη) λόγω παρατεταμένης κυκλικής φόρτισης (fatigue failure)

- Wang et al, 1995 (τένοντας ουράς καγκουρώ)
 - ✓ ρήξη σε σημαντικά χαμηλότερες τάσεις από αυτή μιας μόνο φόρτισης σε τένοντα ουράς καγκουρώ (Wang et al, 1995)
 - ✓ χρόνος ρήξης 56 ώρες (14MPa σε ρυθμό 3Hz-φυσική αναπήδηση)
- ✓ Εκτίμηση για ανθρώπινο αχίλλειο τένοντα στο τρέξιμο
 - Συχνότητα διασκελισμού 1.4Hz (Cavanagh & Kram, 1990)
 - Τάση 50MPa (Ker et al, 1987)
 - Χρόνος ρήξης 1 ώρα!

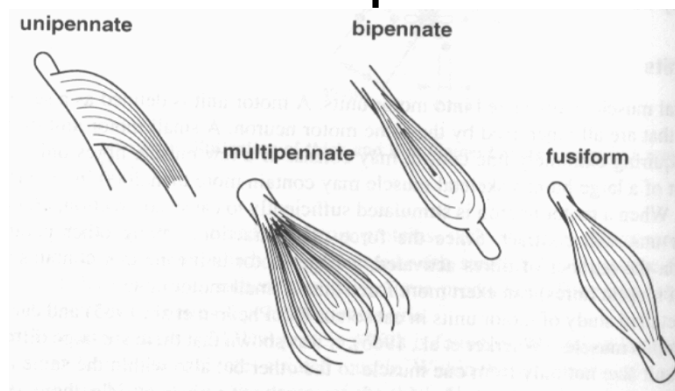
ΜΥΣ

ΜΥΣ

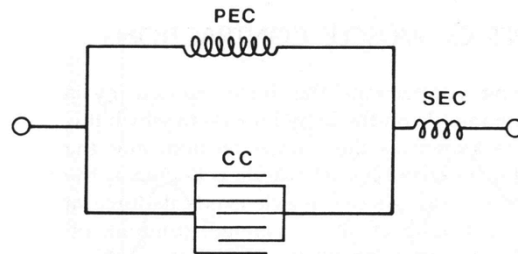
☐ Λειτουργία

- ✓ παρέχει τις δυνάμεις για την κίνηση των οστών
- ✓ προστατεύει το σκελετό απορροφώντας τους κραδασμούς
- ✓ παρέχει θερμότητα στον οργανισμό

Τύποι μυών



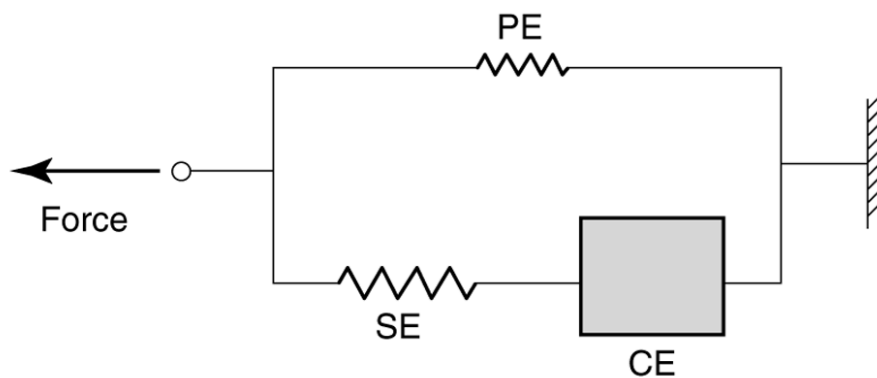
□ Σχηματική απεικόνιση του μυοτενόντιου συμπλέγματος

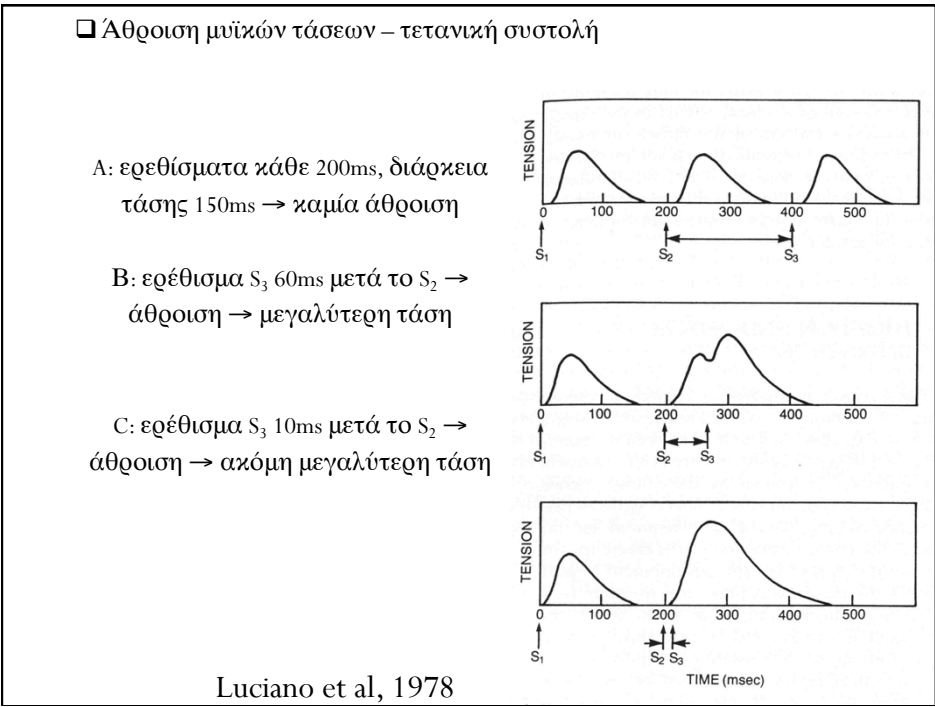


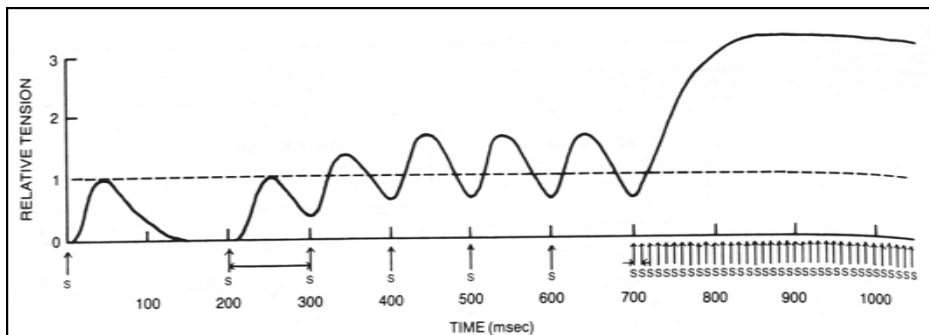
Keele et al, 1982

CC: συστατικό στοιχείο (μυοσίνη, ακτίνη) (ελαστικότητα γεφυρών)
 PEC: παράλληλο ελαστικό στοιχείο (επιμύιο, περιμύιο, ενδομύιο, σαρκείλημα)
 SEC: σειριακό ελαστικό στοιχείο (τένοντας)

Μοντέλο μυός-τένοντα





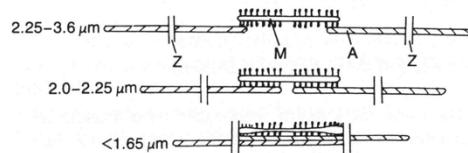
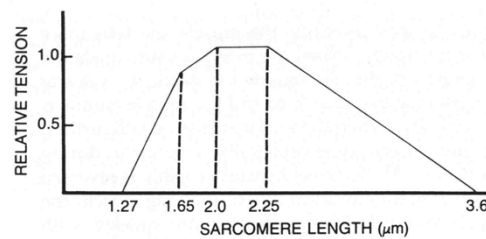


Luciano et al, 1978

- ✓ Παραγωγή τετανικής σύσπασης
- ✓ Αύξηση τάσης (αθροιστικά) με ερεθίσματα κάθε 100ms
- ✓ Τετανική συστολή (μέγιστη τάση) με ερεθίσματα κάθε 10ms

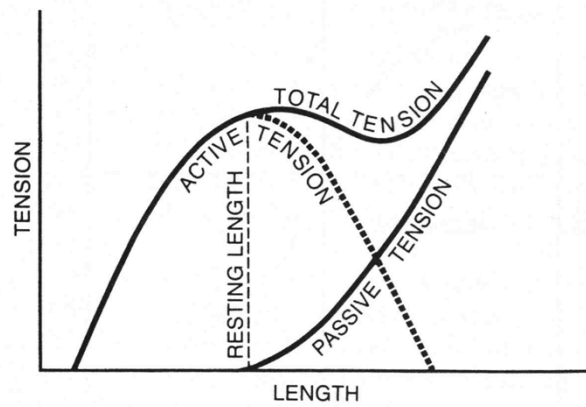
☐ Μηχανικές ιδιότητες του μυός

- Σχέση μήκους – τάσης σε μια μυϊκή ίνα



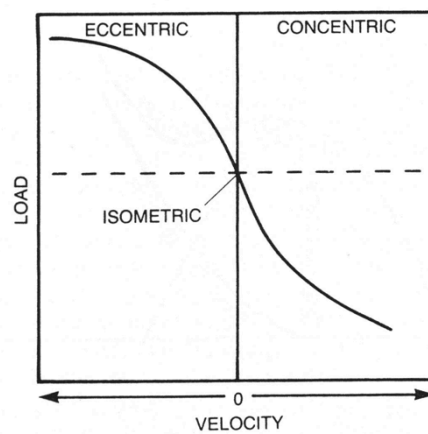
Καμπύλη τάσης – μήκους μεμονωμένης μυϊκής ίνας ερεθιζόμενης σε διαφορετικά μήκη (A: ακτίνη, M: μυοσίνη, Z: ζώνη Z σαρκομερίου) (Crawford & James, 1980)

- Σχέση μήκους – τάσης σε ένα μυ



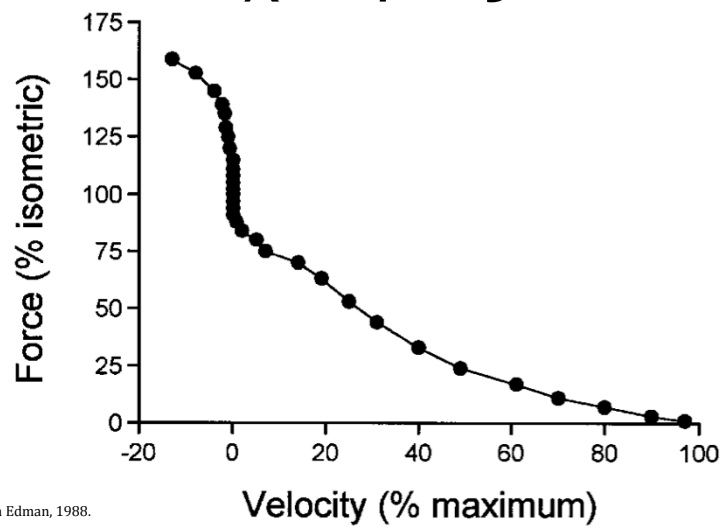
Καμπύλη τάσης – μήκους ενός συσπώμενου ισομετρικά και τετανικά μύος
(Crawford & James, 1980)

- Σχέση δύναμης – ταχύτητας συστολής σε ένα μυ

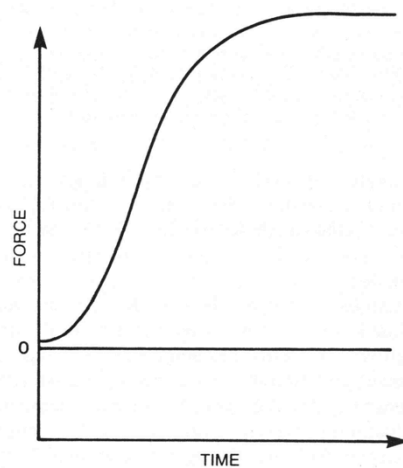


Καμπύλη δύναμης – ταχύτητας συστολής (ταχύτητα κίνησης
μογλοβραχίονα μύος) (Kroll, 1987)

Σχέση δύναμης- ταχύτητας

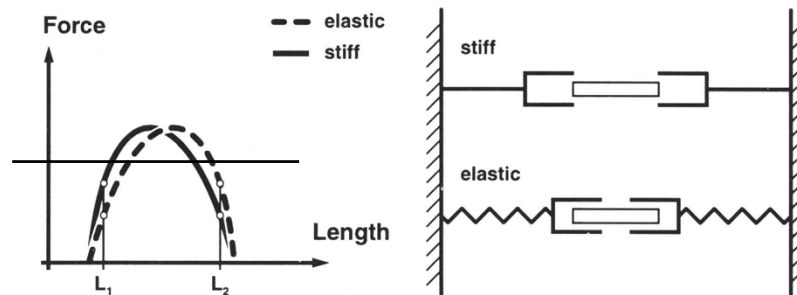


- Σχέση δύναμης – χρόνου συστολής



Καμπύλη δύναμης – χρόνου ενός συσπόμενου ισομετρικά μύος (Kroll, 1987)

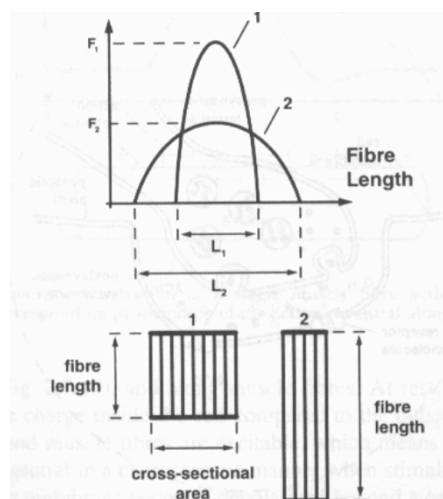
□ Ιδιότητες του μυοτενόντιου συμπλέγματος



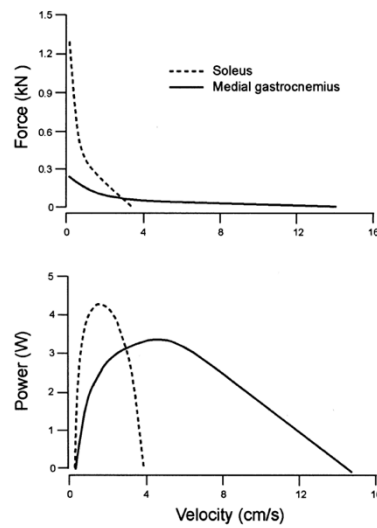
Σχέση τάσης-μήκους μύος με σκληρό και ελαστικό τένοντα
Herzog, 1999)

(Nigg &

Μύες ίδιου όγκου

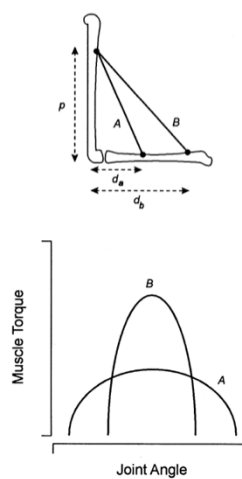


Μύες στον ίδιο τένοντα



Redrawn from Edgerton et al., 1986.

Μοχλοβραχίονας



Τύποι Μυϊκής Συστολής

Ομόκεντρη

Ο μυς συσπάται και το μήκος του μειώνεται

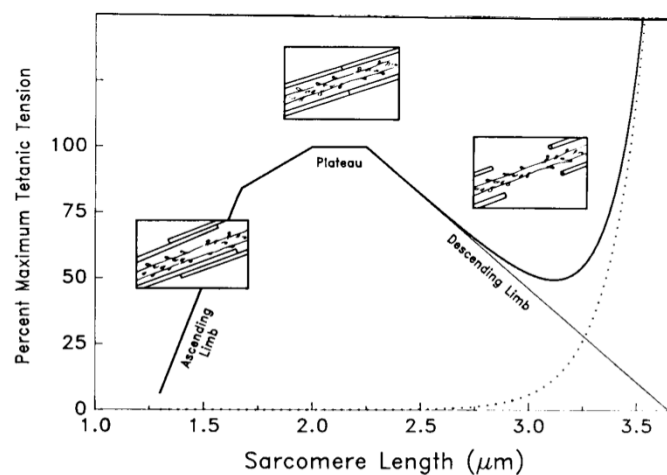
Ισομετρική

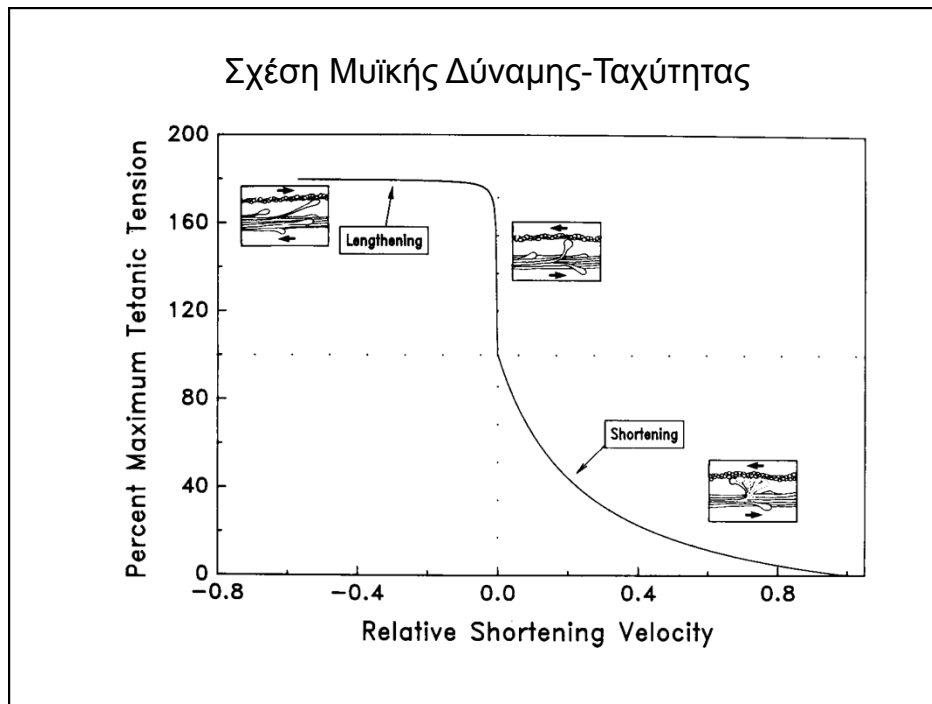
Ο μυς συσπάται αλλά το μήκος του παραμένει σταθερό

Έκκεντρη

Ο μυς συσπάται αλλά το μήκος του αυξάνεται

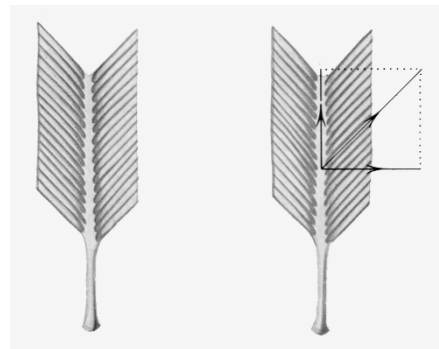
Σχέση Μυϊκής Δύναμης-Μήκους

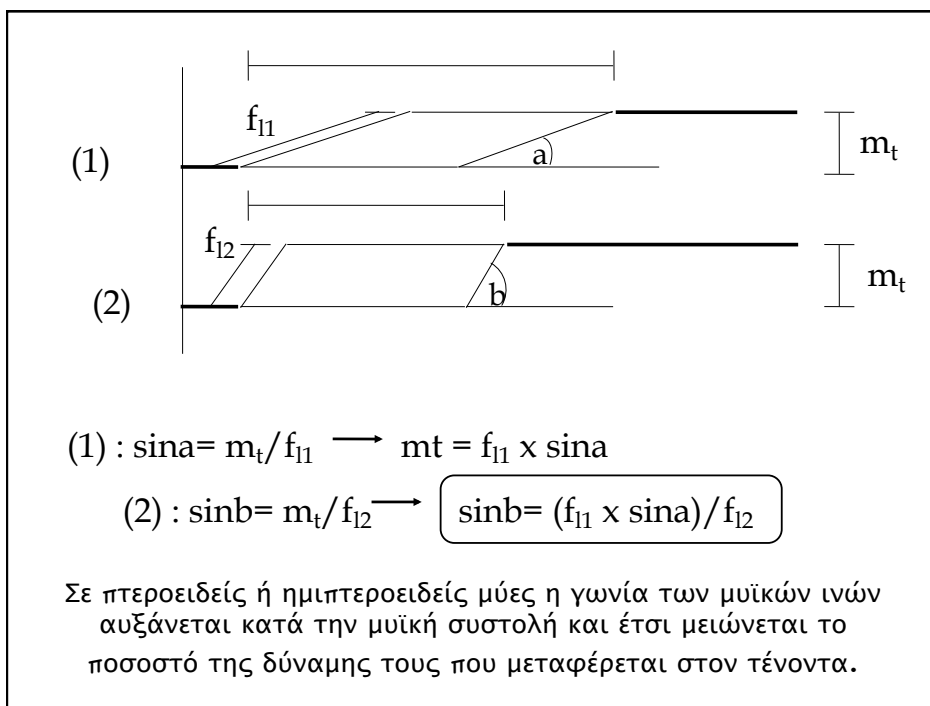
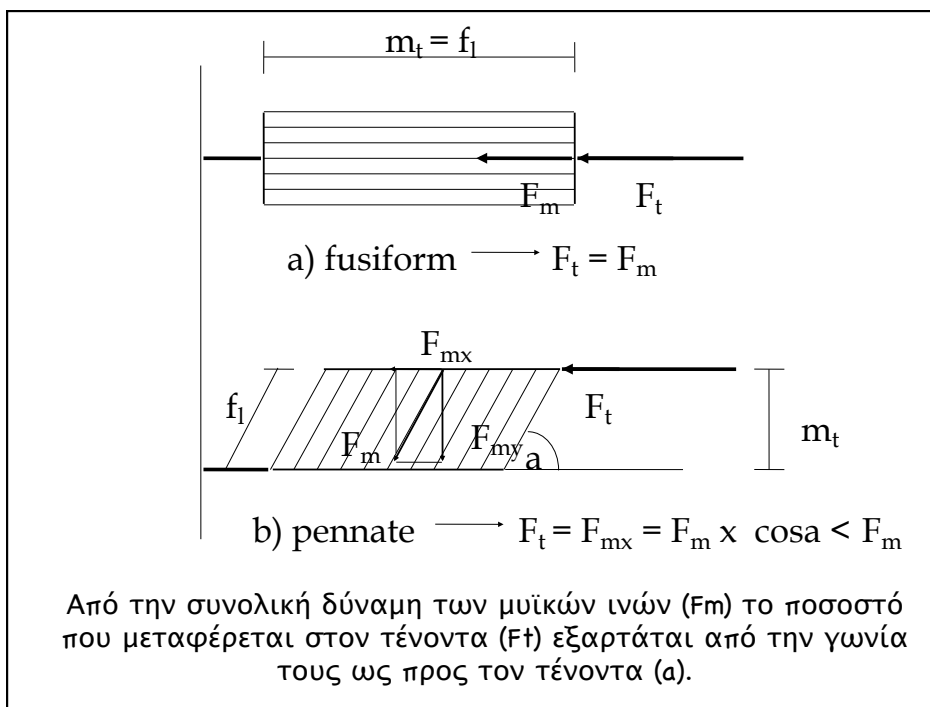


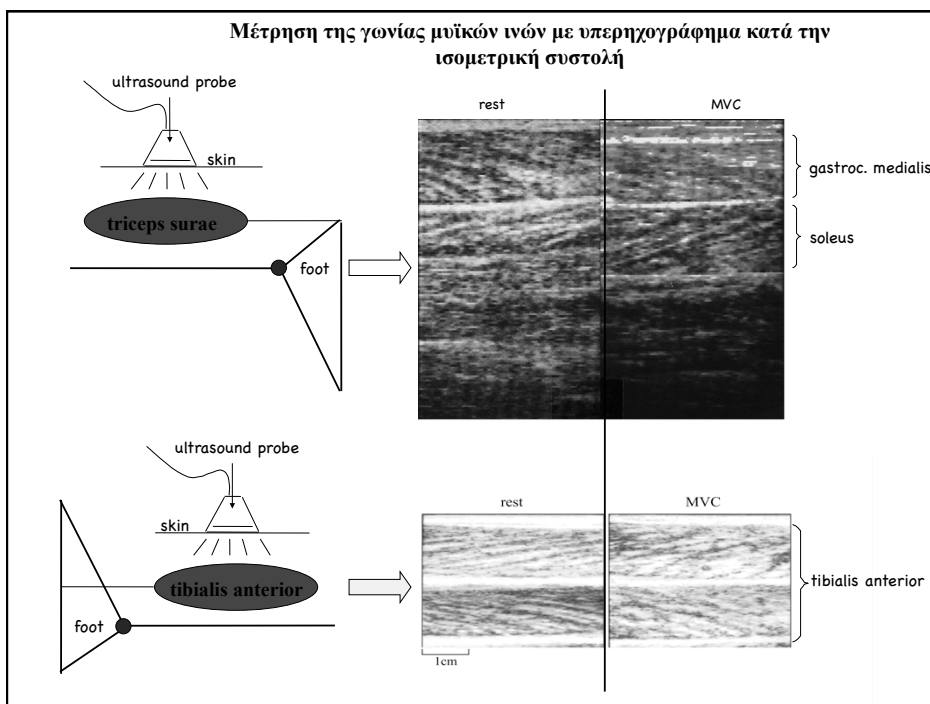
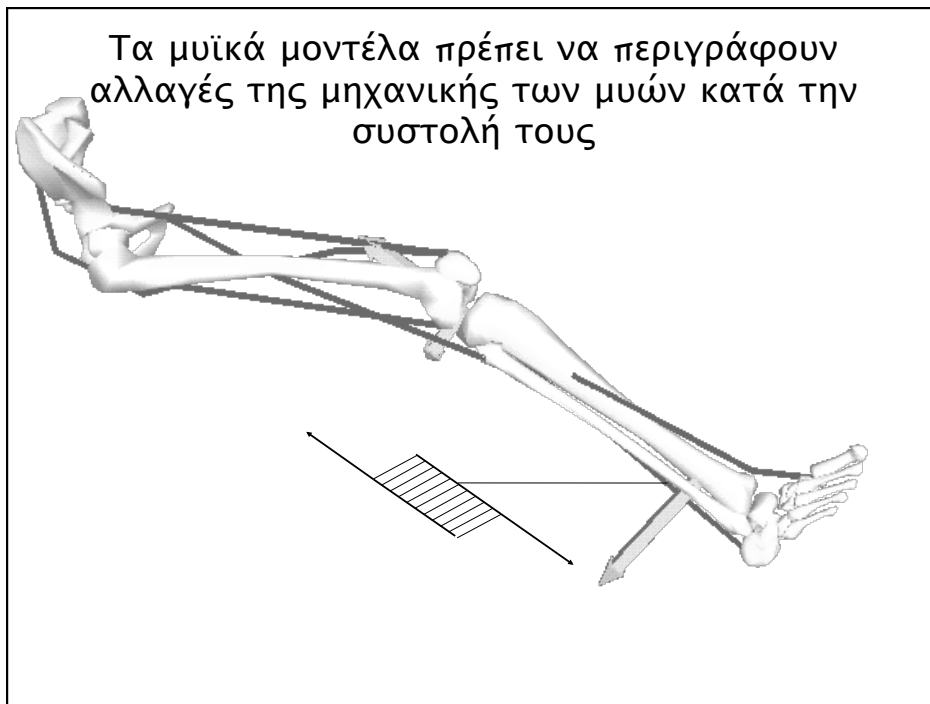


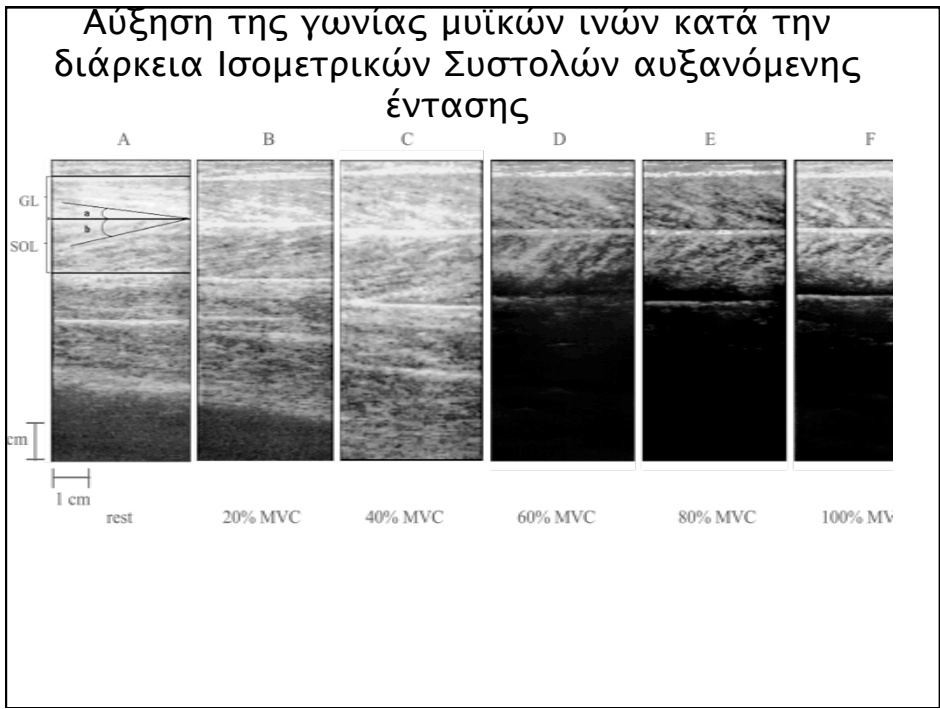
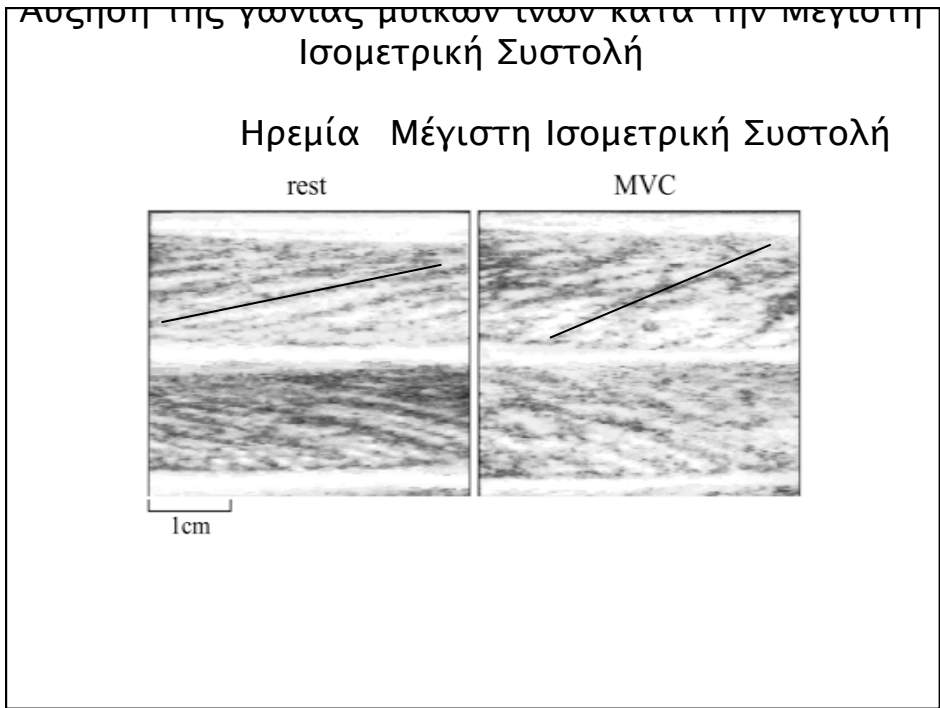
Διάταξη των ινών στο μυ

- Ατρακτοειδής
- Πτεροειδής
- Ημιπτεροειδής



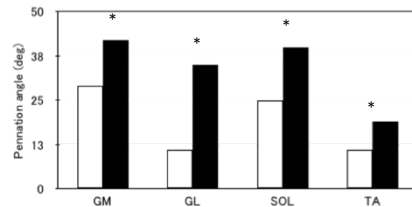




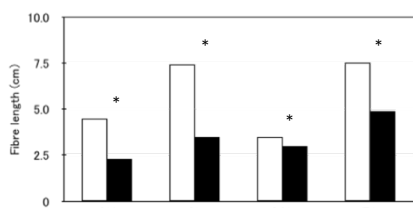


Αλλαγές στην αρχιτεκτονική του μυός κατά την μέγιστη ισομετρική συστολή

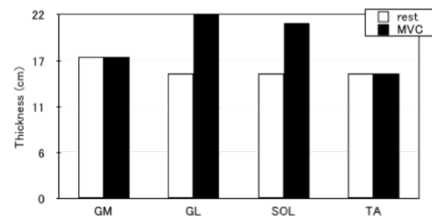
Γωνία μυϊκών ινών (Pennation Angle)



Μήκος μυϊκών ινών (Fibre length)



Πάχος μυός (Muscle Thickness)



GM: gastrocnemius medialis, GL: gastrocnemius lateralis, SOL: soleus, TA: tibialis anterior

* $P < 0.01$ between rest and MVC

Values are means (SD) (n=6)

Είδη της μυϊκής λειτουργίας

- *Ισομετρική*
- Πλειομετρική (Έκκεντρη)
- Μειομετρική (Σύγκεντρη)

Είδη της μυϊκής λειτουργίας

- *Κατά την ισομετρική λειτουργία βρα-χύνουν τα συσταλά στοιχεία του μυός και τεντώνουν τα ελαστικά. Το συνολικό μήκος παραμένει σταθερό.*

Είδη της μυϊκής λειτουργίας

- *Κατά την μειομετρική λειτουργία βραχύνονται τα συσταλά στοιχεία, καθώς και το συνολικό μήκος του μυός.*

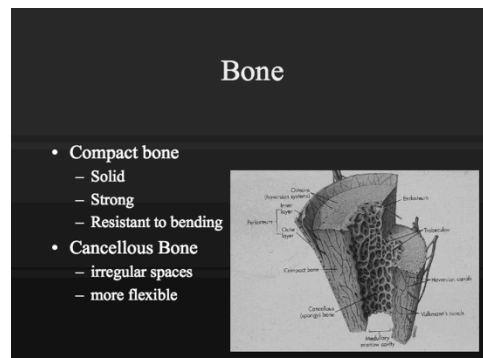
Είδη της μυϊκής λειτουργίας

- Κατά τη πλειομετρική ο μυς επιμηκύνεται αντενεργώντας στην εξωτερική επιβάρυνση. Η καθαρή μυϊκή ροπή είναι στην αντίθετη κατεύθυνση από τη μεταβολή της γωνίας της άρθρωσης και το μηχανικό έργο που παράγεται είναι αρνητικό.

Οστά

Σε κάθε οστό μπορούμε να διακρίνουμε δύο μέρη: Την εξωτερική του επιφάνεια που το περιβάλλει και το εσωτερικό του.

Η εξωτερική επιφάνεια κάθε οστού αποτελείται από ένα πυκνό και συμπαγές στρώμα (συμπαγής ιστός - cortical bone) ενώ το εσωτερικό του έχει μία πορώδη δομή (trabecular bone) και αποτελείται από οστικές δοκίδες με ενδιάμεσα διάκενα και μοιάζει σαν σπόγγος (δοκιδώδης ή σπογγώδης ιστός).



Οστά

80%
φλοιώδεις



20%
σπογγώδεις

Το οστό είναι ζωντανός ιστός

Τα οστά μας δεν είναι κάτι συμπαγές και σταθερό. Αντίθετα, το οστό είναι ένας ζωντανός ιστός που έχει το δικό του μεταβολισμό, δηλαδή διασπάται συνεχώς -ο επιστημονικός όρος είναι απορροφάται- και σχηματίζεται ξανά δηλαδή αναδομείται.

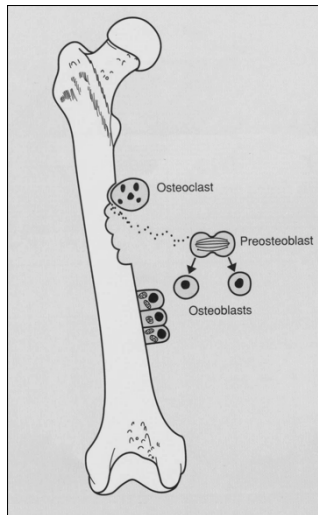
Σ όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου, το γερασμένο και παλιό οστό διασπάται και αναπληρώνεται από νέο.

Το οστό σχηματίζεται από την παραγωγή μιάς πρωτεΐνης που είναι μαλακή στην υφή της, το λεγόμενο κολλαγόνο.

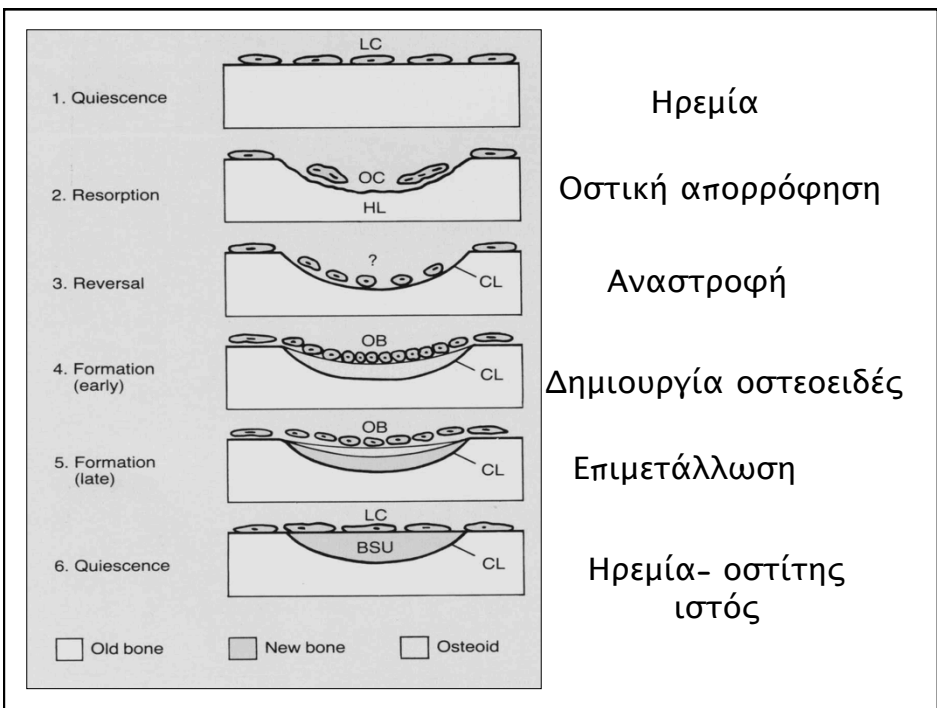
Η ουσία αυτή σκληραίνει με την εναπόθεση αλάτων φωσφορικού ασβεστίου και σ αυτό ακριβώς το ασβέστιο οφείλεται σ ένα μεγάλο μέρος η αντοχή και η σκληρότητα των οστών.

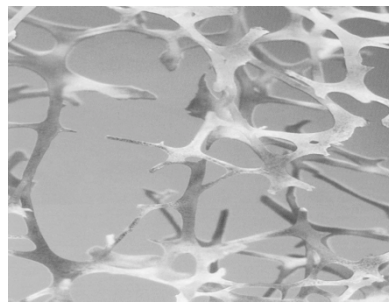
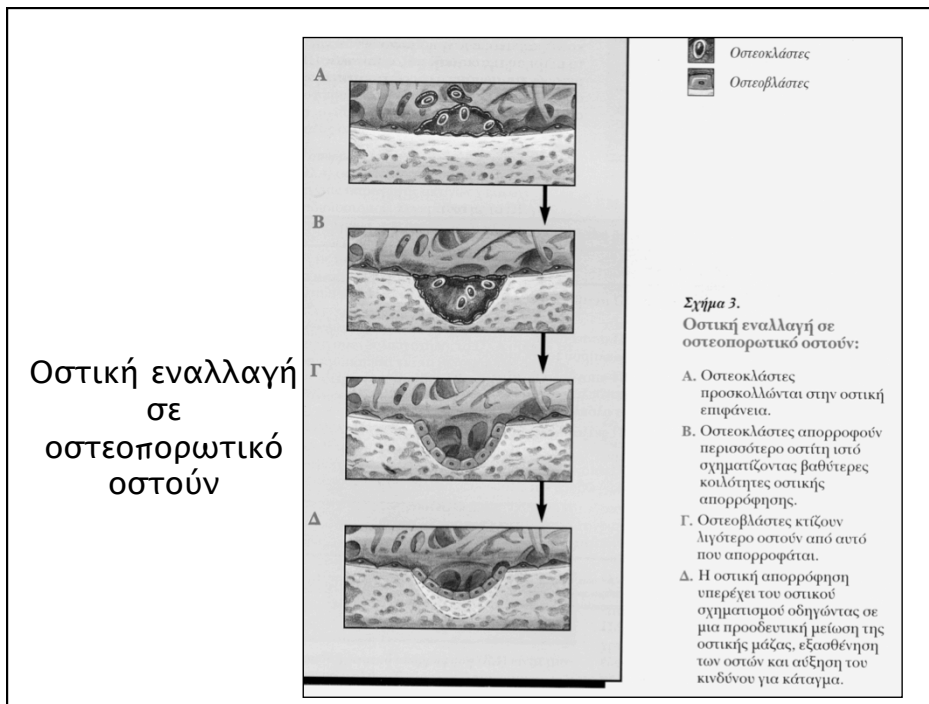
Περίπου το 99% του ασβεστίου του σώματος περιέχεται στον σκελετό και τα δόντια.

Οστική ανακατασκευή



Συνεχής και δυναμική διαδικασία μεταβολών και στο φλοιώδες και στο σπογγώδες οστό.





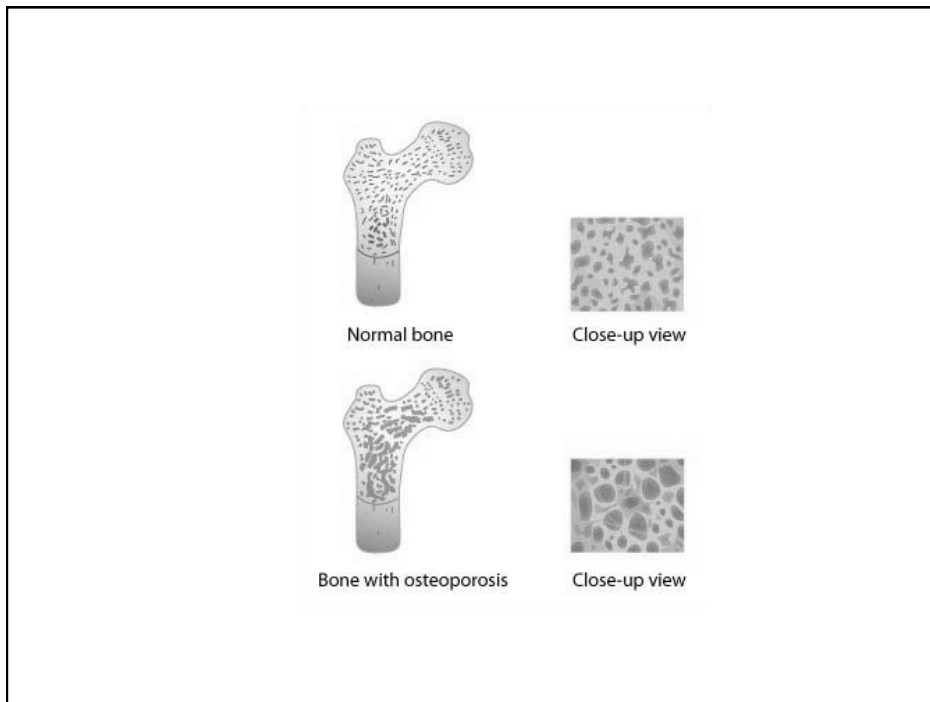
Οστεοπόρωση

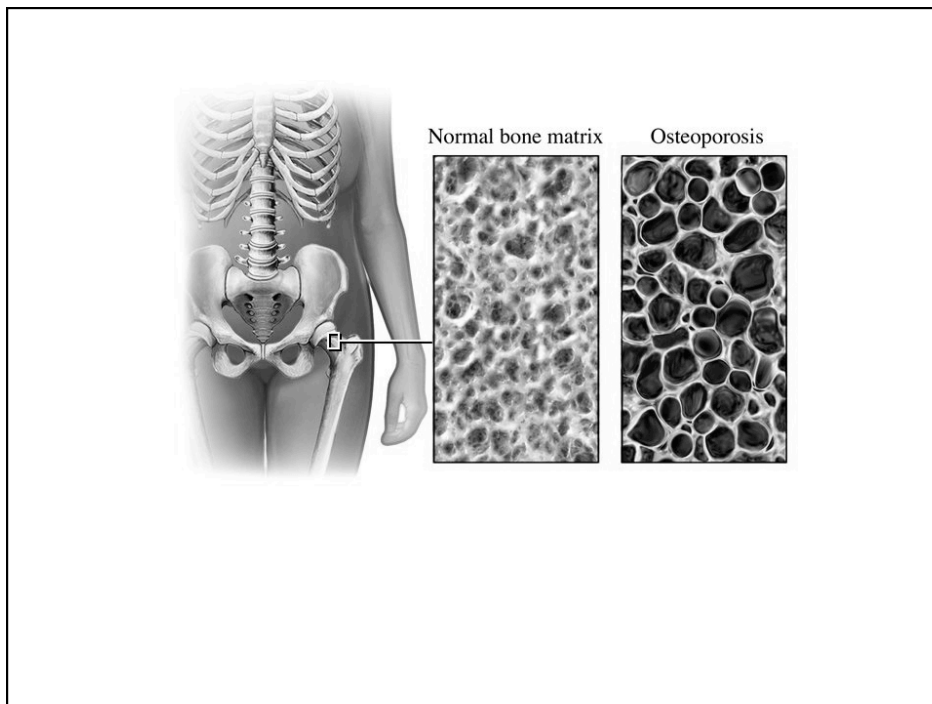
Γενικευμένη οστική διαταραχή, που χαρακτηρίζεται από χαμηλή οστική μάζα και διαταραχές της μικροαρχιτεκτονικής των οστών, αυξάνοντας τον κίνδυνο για κατάγματα.

Οστεοπόρωση



Rietbergen et al., 2000

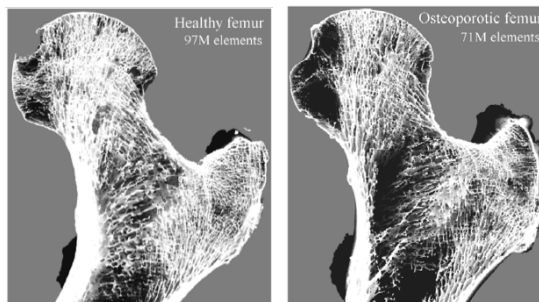




ΟΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗ

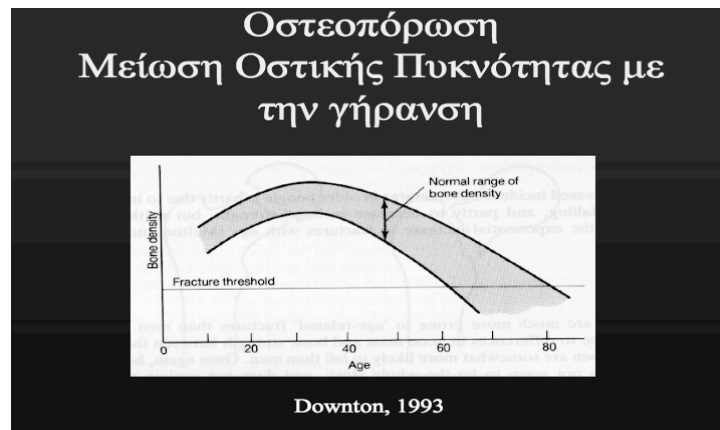
« Σιωπηρή επιδημία »

Η αυξημένη ευθραυστότητα των οστών οδηγεί σε κατάγματα

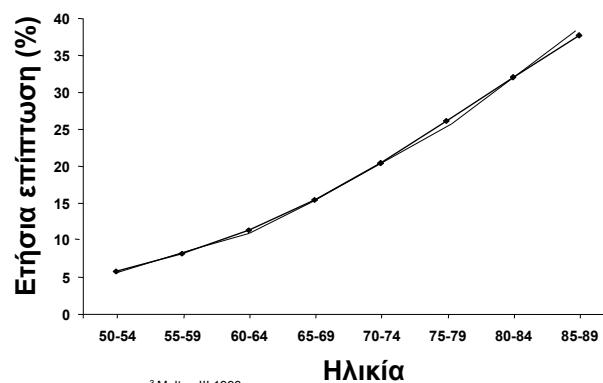


Rietbergen et al., 2000

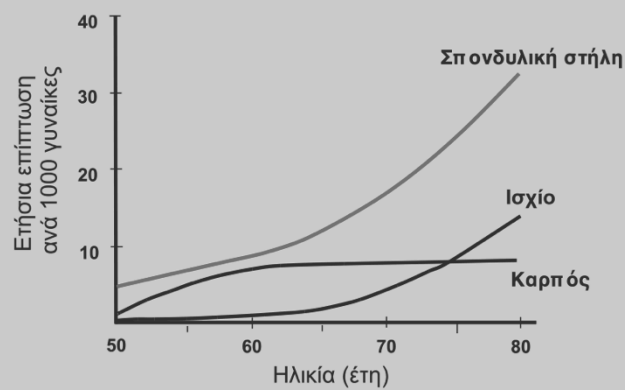
Οστεοπόρωση Μείωση Οστικής Πυκνότητας με την γήρανση



Σπονδυλικά κατάγματα - η εμφάνιση σχετίζεται με την ηλικία



Συχνότητα εμφάνισης Σπονδυλικών και καταγμάτων Ισχίου και Καρπού σε γυναίκες άνω των 50 ετών...



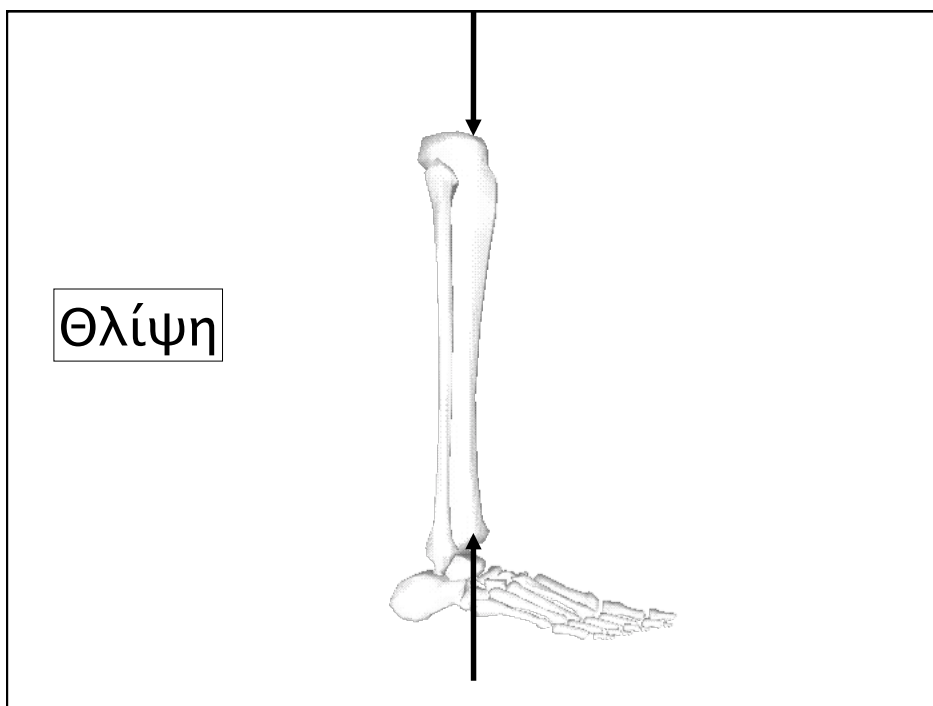
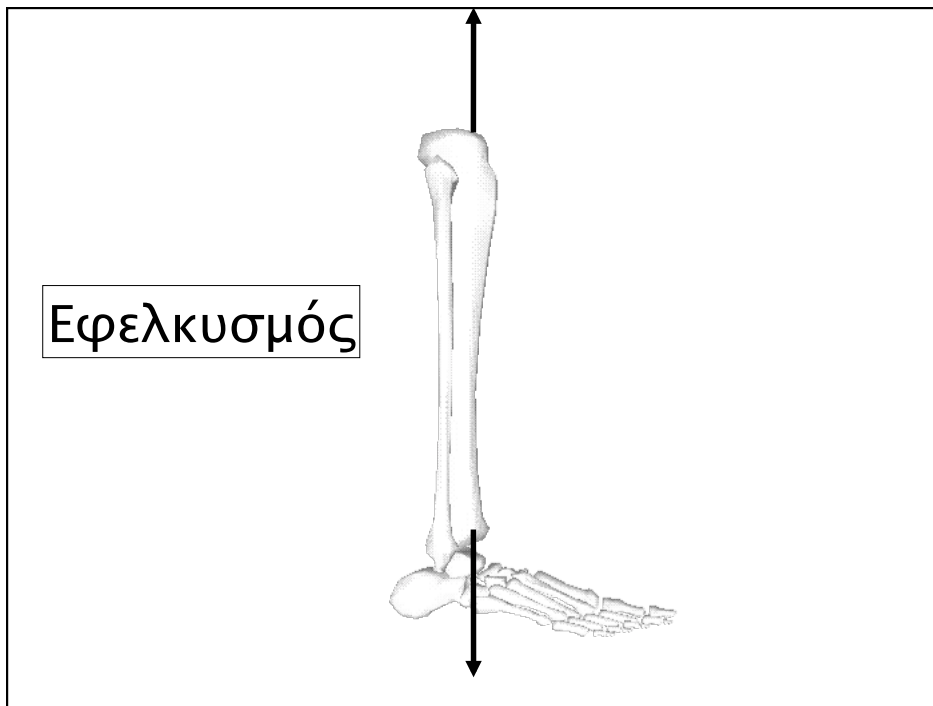
Τα σπονδυλικά κατάγματα είναι τα συχνότερα και εμφανίζονται πρώτα. Ακολουθούν τα κατάγματα ισχίου σε μεγαλύτερες ηλικίες.

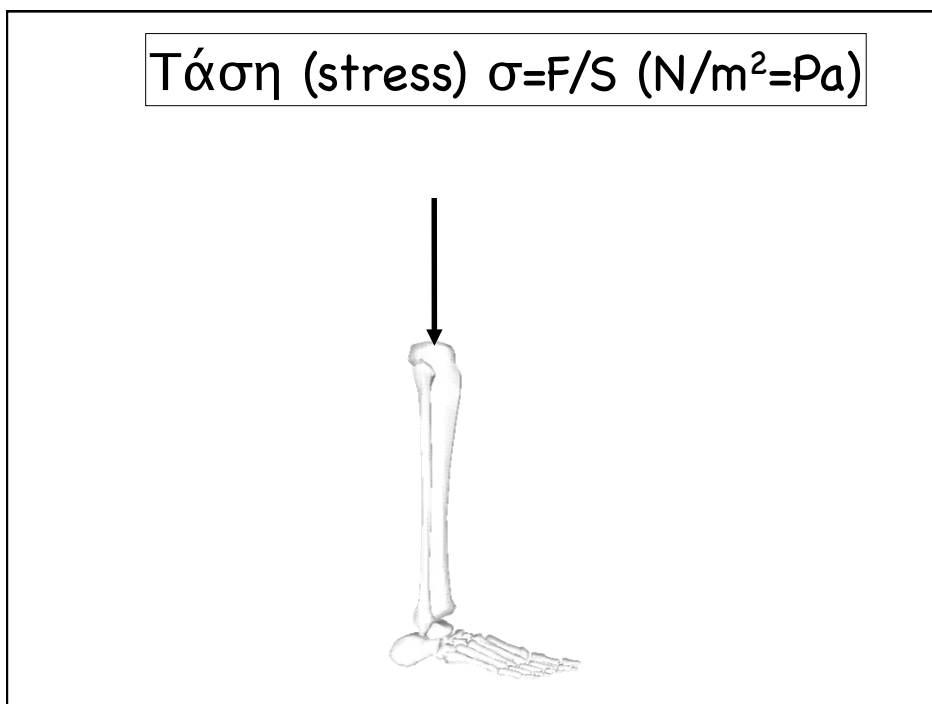
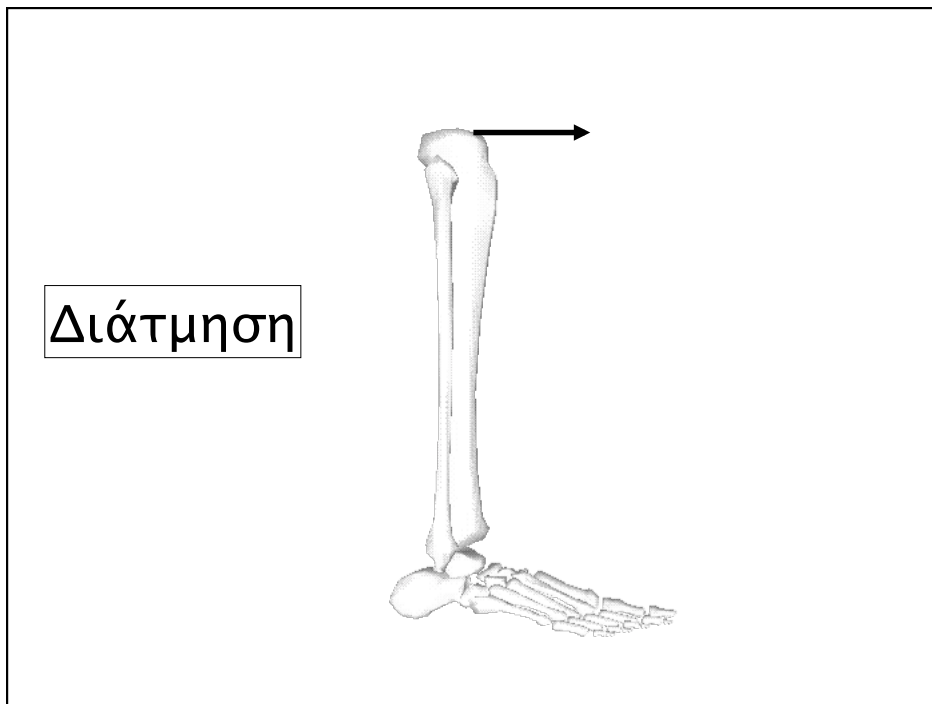
Wasnich RD: Primer on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism. 4th edition, 1999

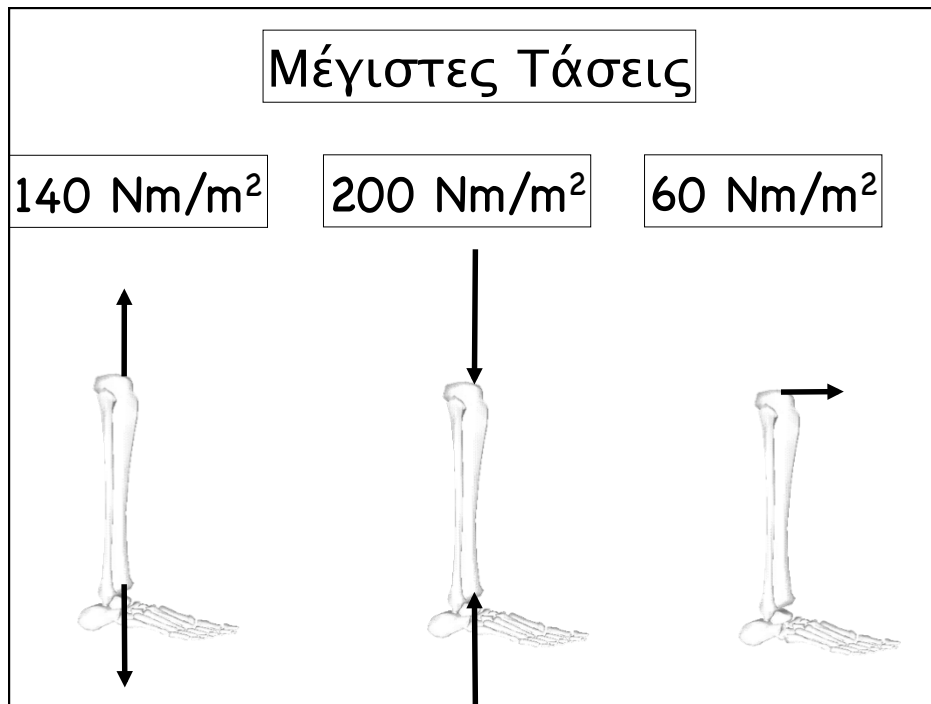
Αγγλία 1990

Η γυναικεία θνησιμότητα με κατάγματα ισχίου υπερβαίνει το άθροισμα της θνησιμότητας από:

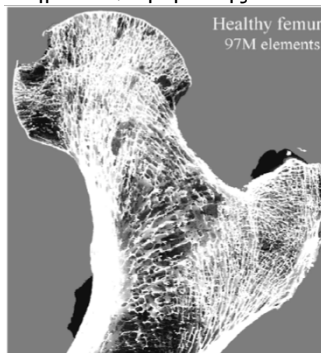
- Ca μαστού + ενδομητρίου + τραχήλου μήτρας



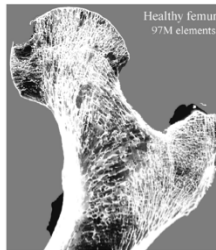




Η αναπροσαρμογή του οστού και η δυνατότητα του οστίτη ιστού να προσαρμόζεται στα εξωτερικά ερεθίσματα και μηχανικές φορτίσεις ακολουθεί τον νόμο του Wolff, σύμφωνα με τον οποίο όταν εφαρμόζονται τάσεις σε ένα οστόν, οι δοκίδες αυτού καθ'εαυτού του οστού αναπτύσσονται και ευθυγραμμίζονται έτσι ώστε να έχουν ταυτόσημη κατεύθυνση με την κατεύθυνση επενέργειας των εν λόγω τάσεων. Επίσης όταν ένα οστόν υποβάλλεται σε τάσεις τότε εναποτίθεται σε αυτό μεγαλύτερη ποσότητα οστίτη ιστού, ενώ εάν το οστόν αποφορτίζεται τότε η πυκνότητα του οστίτη ιστού μειώνεται ιδιαίτερω στα σημεία αποφόρτισης.

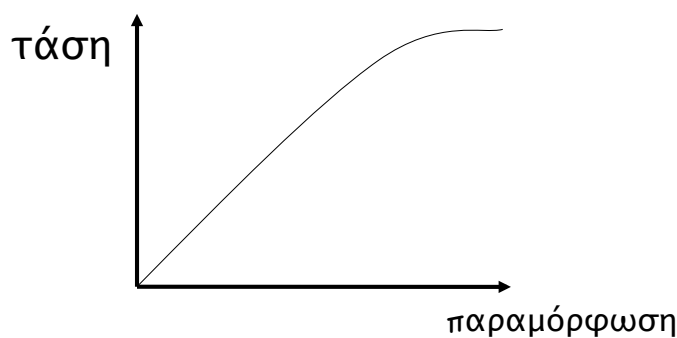


Παραδείγματα του νόμου του Wolff παρουσιάζουν η υπερτροφία ορισμένων οστών σε ορισμένους αθλητές όπως τα οστά των κάτω άκρων στους δρομείς ή το βραχιονιο οστού ή τα αντιβράχια οστά σε αθλητές της αντισφαιρίσεως (τένις) ή ρίπτες ακοντίου, αλλά και η ατροφία των οστών των κάτω άκρων σε παραπληγικούς ή η γενικευμένη οστεοπενία των αστροναυτών που παραμένουν στο διάστημα για μεγάλο χρονικό διάστημα, λόγω ελλείψεως βαρύτητας. Η αναπροσαρμογή των οστών είναι περισσότερο εμφανής κατά την παιδική ηλικία.



Η δυσκαμψία αποτελεί την σχέση της τάσης με την παραμόρφωση ενός υλικού. Ο βαθμός παραμόρφωσης σε αναλογία με την τάση δείχνει την αντίσταση του υλικού στην παραμόρφωση. Άρα ο λόγος τάσης προς παραμόρφωση (stress to strain) μας δίνει το μέτρο της δυσκαμψίας ή με άλλα λόγια το μέτρο ελαστικότητας. Το μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο του Young (E) λαμβάνεται από τη σχέση:

($E = \text{stress/strain} = \text{τάση/παραμόρφωση}$).



Πρόληψη Οστεοπόρωσης Αύξηση Οστικής Μάζας

- Από βιομηχανικές μελέτες της μηχανικής συμπεριφοράς του οστού φαίνεται ότι σημαντικό ρόλο παίζουν :
- Μέγεθος επιβάρυνσης
- Ρυθμός εφαρμογής επιβάρυνσης
- Συχνότητα
- Κατανομή
- Κύκλος επιβάρυνσης

ΟΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΗ

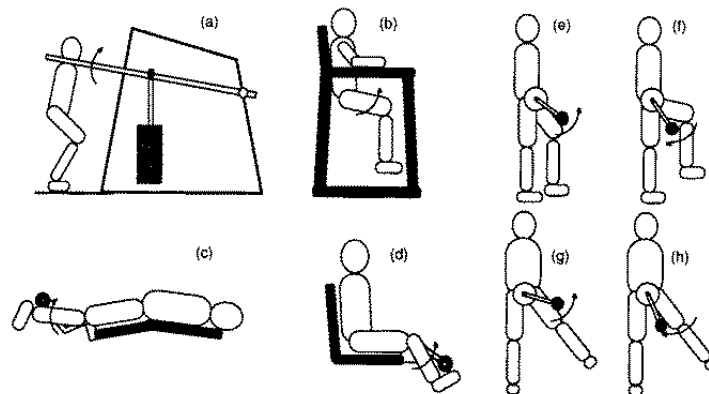
- Αρχικές εργασίες έχουν υποστηρίξει ότι οποιαδήποτε μορφή άσκησης είναι ικανή να εμποδίζει την απώλεια οστικής μάζας (Wyse & Pattee, 1954; Abramson & Delagi, 1961).
- Πρόσφατα αποτελέσματα δείχνουν όμως ορισμένα ήδη άσκησης είναι προτιμότερα για την πρόληψη της οστεοπόρωσης

(Krall, E. A. and B. Dawson-Hughes. Am J Med 96:20-6, 1994
Heinonen et al. Lancet 348, 1996)

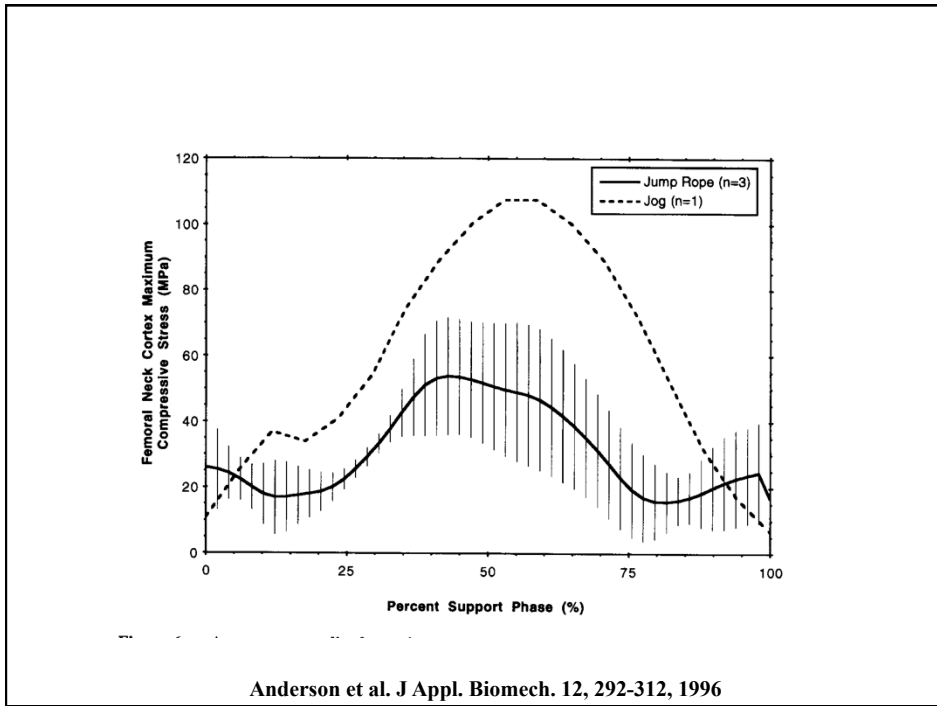
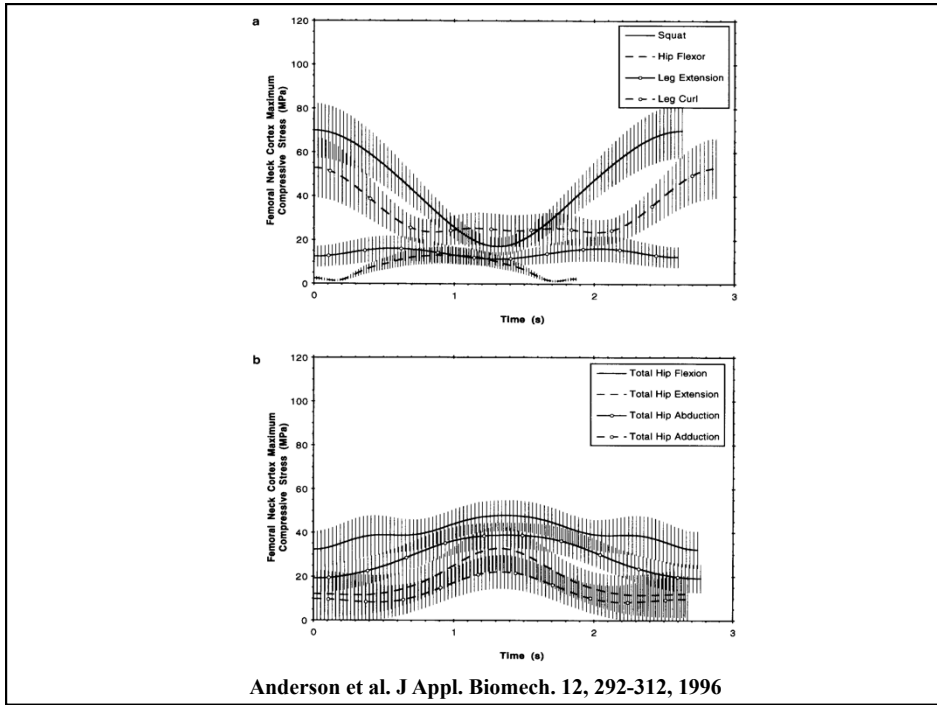
Ο ρόλος της άσκησης στην Πρόληψη της Οστεοπόρωσης

- Ποιες ασκήσεις είναι πιο κατάλληλες για την αύξηση της οστικής μάζας και κατά συνέπεια μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη της οστεοπόρωσης?

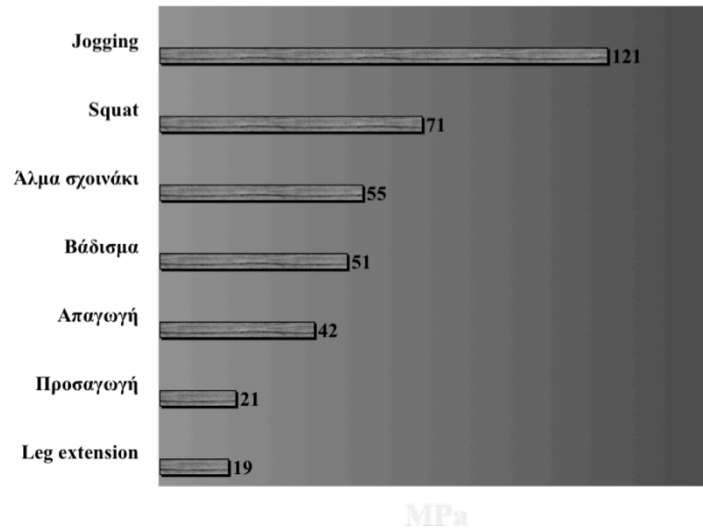
ΟΣΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ



Anderson et al. J Appl. Biomech. 12, 292-312, 1996

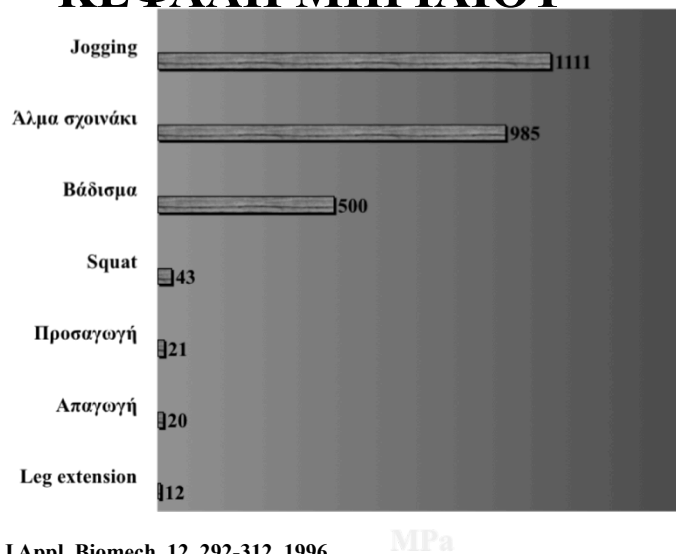


ΜΕΓΙΣΤΗ ΟΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΚΕΦΑΛΗ ΜΗΡΙΑΙΟΥ

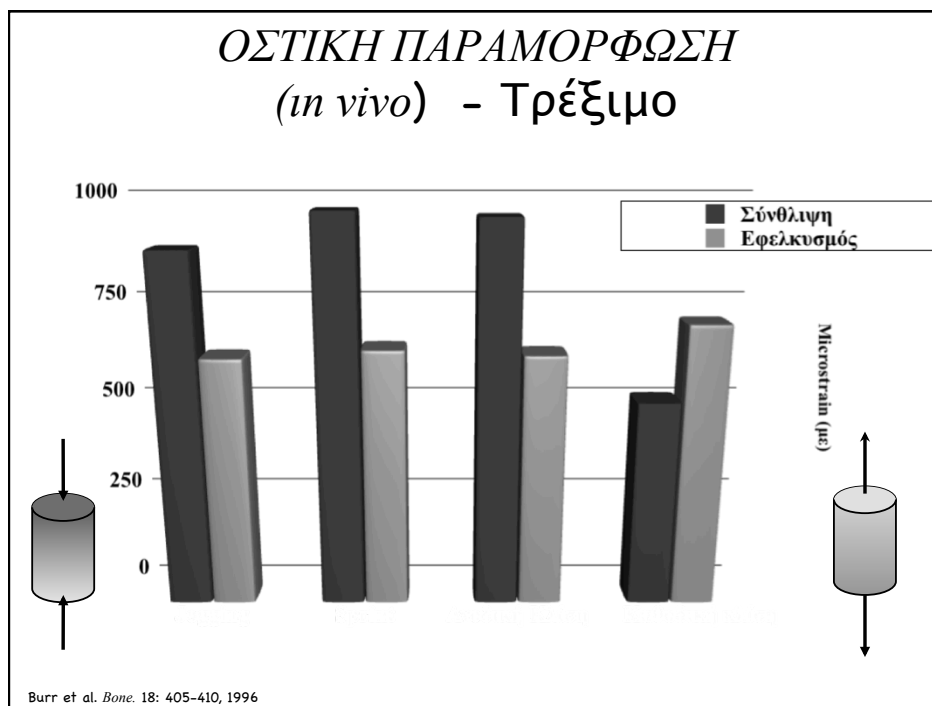
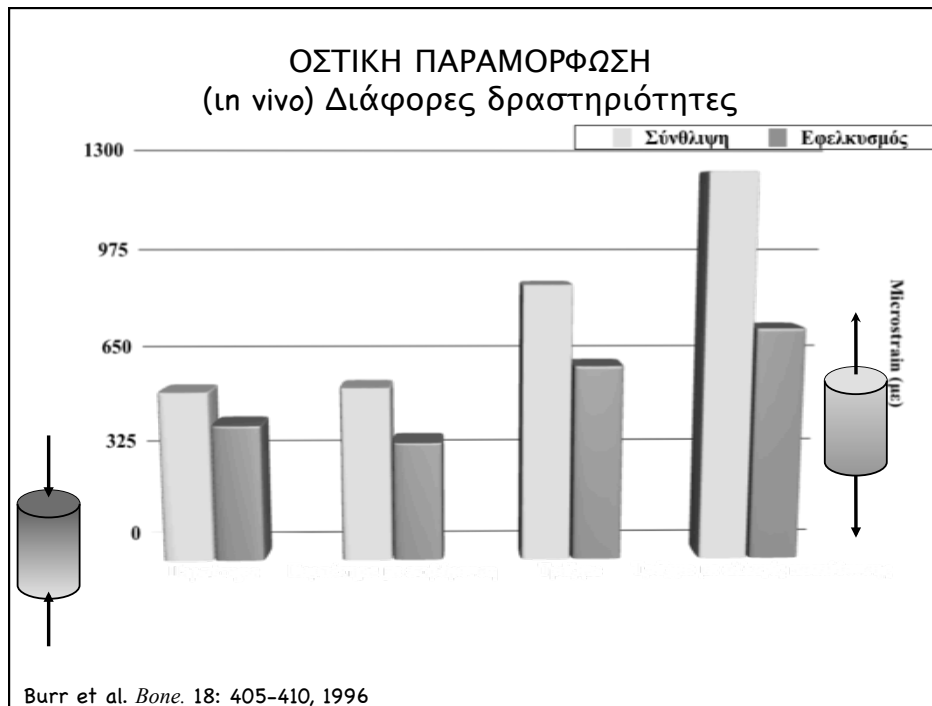


Anderson et al. J Appl. Biomech. 12, 292-312, 1996

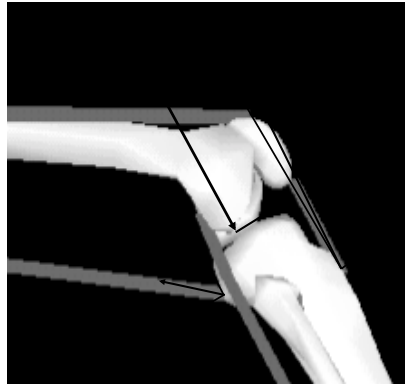
ΡΥΘΜΟΣ ΟΣΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΕΦΑΛΗ ΜΗΡΙΑΙΟΥ



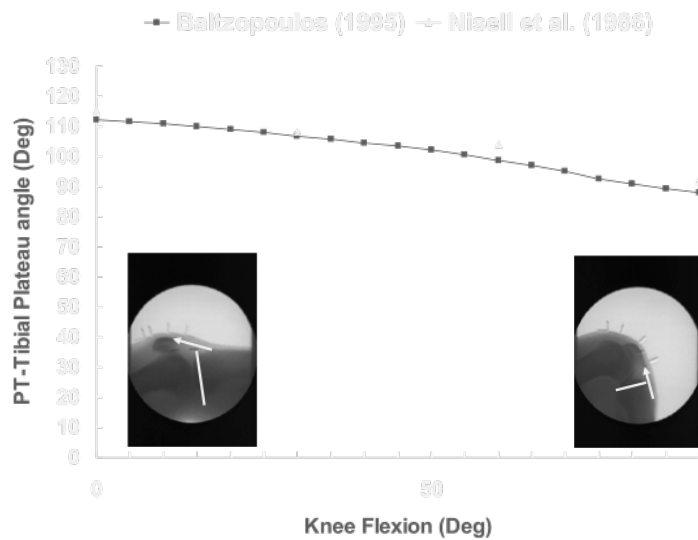
Anderson et al. J Appl. Biomech. 12, 292-312, 1996



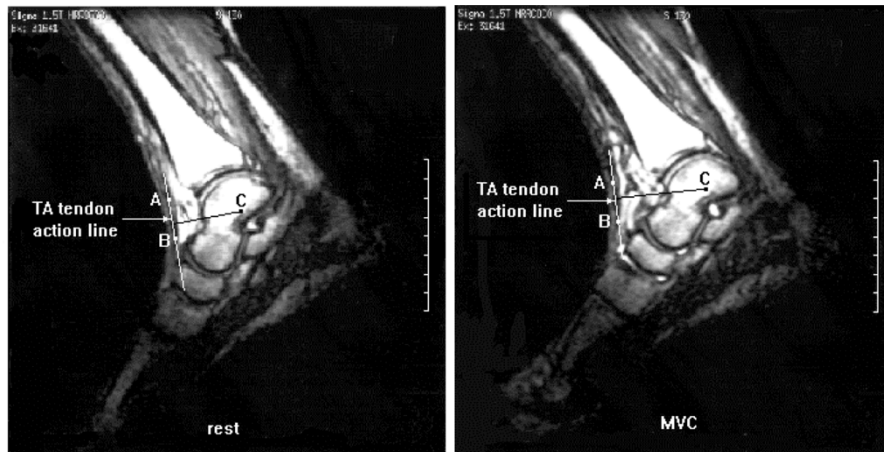
Αλλαγή της διεύθυνσης μυϊκής δύναμης που εφαρμόζεται μέσω του τένοντα της επιγονατίδας κατά την έκταση της άρθρωσης του γονάτου



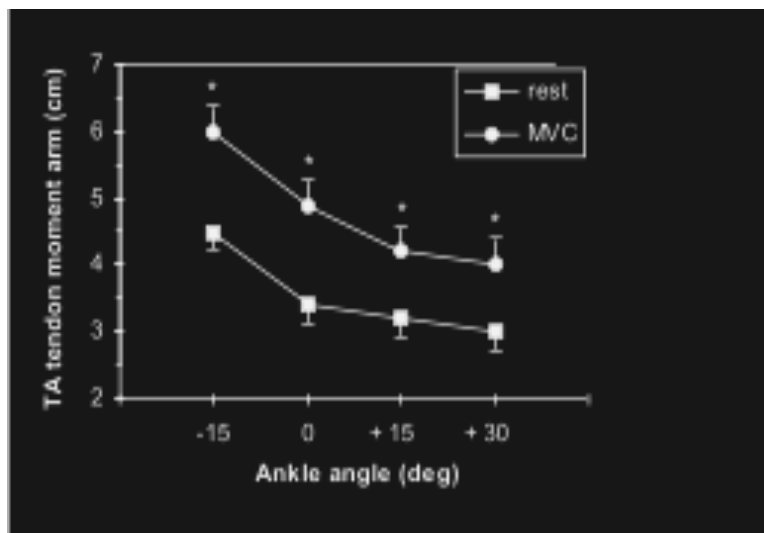
Η αλλαγή της γωνίας της διεύθυνσης μυϊκής δύναμης (που εφαρμόζεται από τον τένοντα της επιγονατίδας) σε σχέση με την αρθρική επιφάνεια κατά την έκταση της άρθρωσης του γονάτου σε διαφορετικές εργασίες



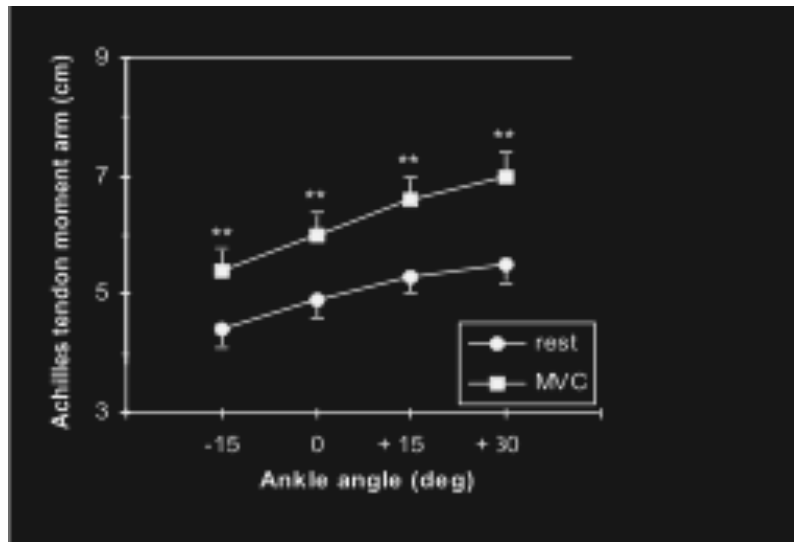
Αλλαγή του μυϊκού μοχλοβραχίονα κατά την ισομετρική ενεργοποίηση



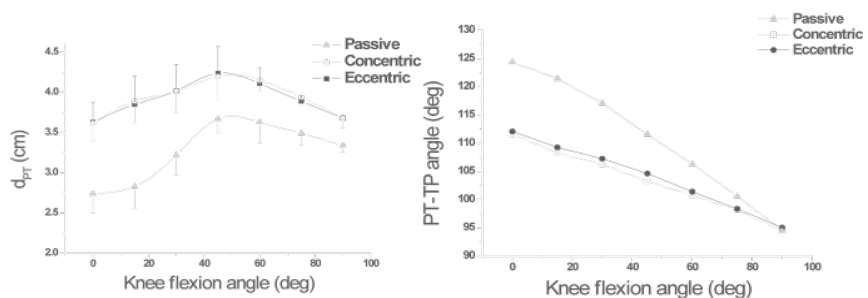
Αλλαγή του μυϊκού μοχλοβραχίονα (πρόσθιου κνημιαίου) κατά την μέγιστη ισομετρική πελματιαία κάμψη και την ηρεμία σε διαφορετικές γωνίες της ποδοκνημικής άρθρωσης



Αλλαγή του μυϊκού μοχλοβραχίονα (μοχλοβραχίονας Αχιλλείου τένοντα) κατά την μέγιστη ισομετρική ραχιαία κάμψη και την ηρεμία σε διαφορετικές γωνίες της ποδοκνημικής άρθρωσης



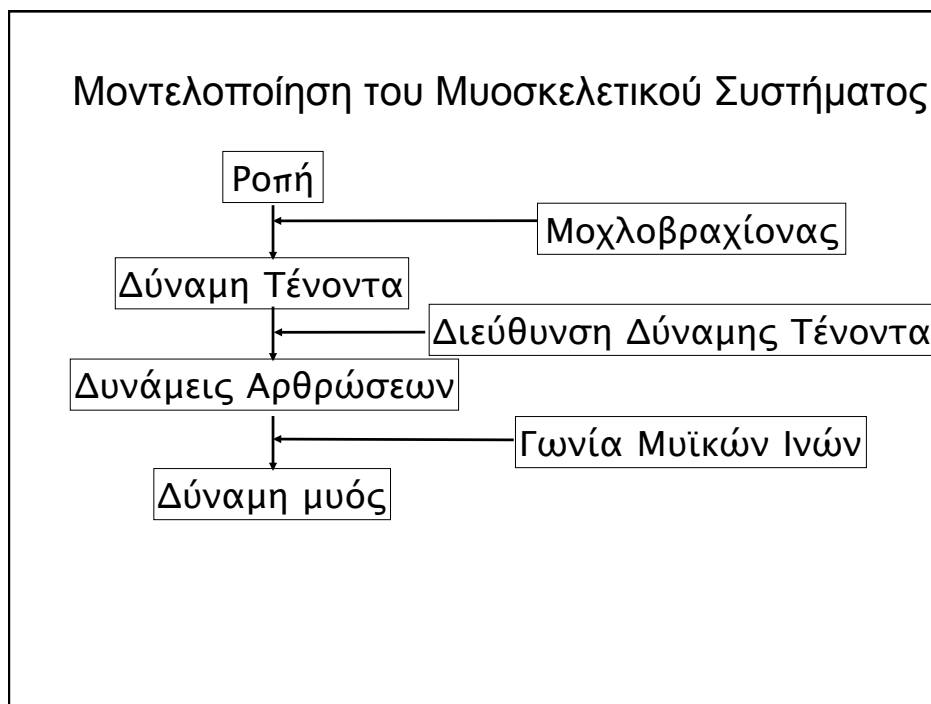
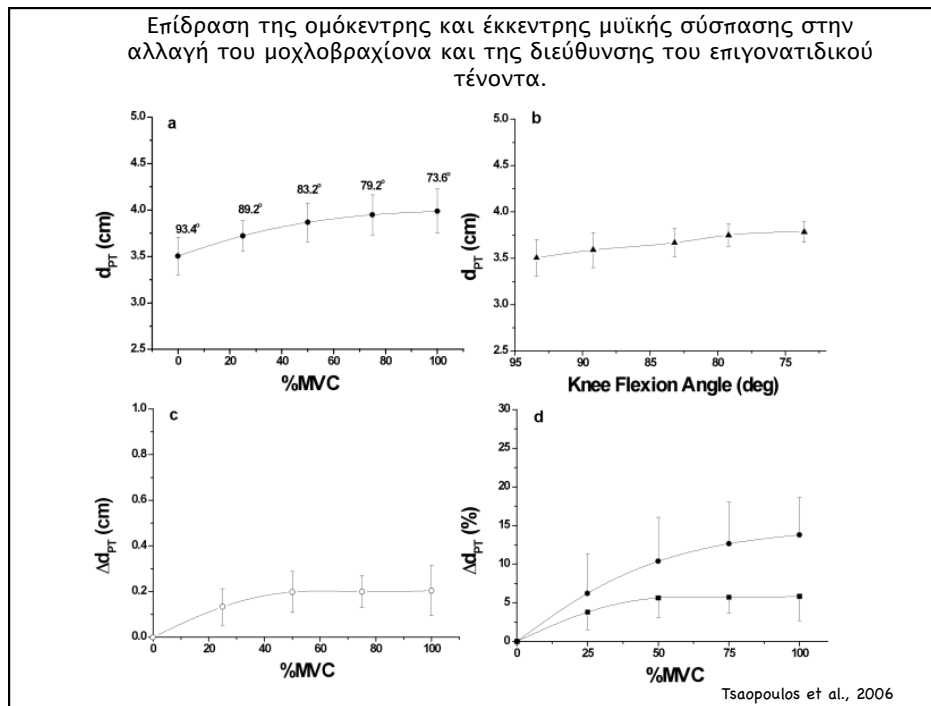
Effects of contraction mode on patellar tendon moment arm & orientation



$$M = d \cdot F$$

Tsaopoulos et al., 2006

Επίδραση της ομόκεντρης και έκκεντρης μυϊκής σύσπασης στην αλλαγή του μοχλοβραχίονα και της διεύθυνσης του επιγονατιδικού τένοντα.



Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η Εμβιομηχανική συνεισφέρει:

- Στην μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς του οστού σε διάφορες συνθήκες επιβάρυνσης
- Στην κατηγοριοποίηση των διαφόρων ασκήσεων ως προς τον βαθμό επιβάρυνσης των μυών, αρθρώσεων και οστών

Συμβολή της Εμβιομηχανικής

- Διάγνωση και έγκαιρη αξιολόγηση διαταραχών του συστήματος
- Βαθύτερη διερεύνηση αιτιών του προβλήματος
- Σχεδιασμό κατάλληλων προγραμμάτων εξάσκησης