

**«Μύες και Δυνάμεις»**  
**MED1114 (684 για Οδοντ/κη)**

Κωνσταντίνος Λουκάς  
Αναπλ. Καθηγητής

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής  
Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

# Βιβλιογραφία

1. Cameron JR, Φυσική του ανθρωπίνου σώματος<sup>1,2</sup>
2. Herman IP, Φυσική του ανθρωπίνου σώματος<sup>1,2</sup>
3. Hobbie RK, Intermediate physics for medicine and biology<sup>1</sup>
4. Σημειώσεις στο e-class

[1] Βιβλιοθήκη Επιστημών Υγείας

[2] Βιβλιοθήκη Οδοντιατρικής

Βιβλιοθήκη & Κέντρο Πληροφόρησης ΕΚΠΑ: <http://www.lib.uoa.gr/>

# Περιγραφή Παρουσίασης

- Εισαγωγή (δυνάμεις στο σώμα)
- Τριβές
- Δυνάμεις στους μυς/αρθρώσεις [κατάταξη, μοχλοί, ροπές (!), ΣπΣτ, σταθερότητα, άρσεις/καθίσματα]
- Δυνάμεις κατά τη σύγκρουση, επιδράσεις επιτάχυνσης, ταλάντωση
- Φυσιική δοντιών (δυνάμεις)

# Πως οι Δυνάμεις επηρεάζουν το σώμα μας;

## ■ Εξωτερικές δυνάμεις

- (λίγο πολύ γνωστές, π.χ. σύγκρουση με αντικείμενο)

## ■ Εσωτερικές δυνάμεις, π.χ.:

- κυκλοφορία αίματος (*Μυϊκές δυνάμεις*)
- πρόσληψη αέρα από πνεύμονες (*Μυϊκές δυνάμεις*)
- δύναμη που καθορίζει την παραμονή ενός ατόμου/μορίου σε ένα συγκεκριμένο σημείο του σώματος.

π.χ. στα **οστά**: υπάρχουν **κρύσταλλοι μετάλλων** που **απαιτούν Ca**. Το κρυσταλλικό πλέγμα **προσλαμβάνει** άτομα **Ca** ασκώντας **ηλεκτρικές δυνάμεις** όταν αυτά βρεθούν σε κατάλληλη απόσταση από το πλέγμα...αυτές **εξασθενούν** όταν υπάρξει **πρόβλημα** στα οστά—

# Πως οι Δυνάμεις επηρεάζουν το σώμα μας;

## Κυριότερες δυνάμεις: Βαρύτητας -Ηλεκτρικές

### A) Στις δυνάμεις βαρύτητας οφείλεται:

#### ■ (+) Διατήρηση της υγείας των οστών:

- Τα οστά μας αναπτύσσονται-δυναμώνουν όταν βρίσκονται υπό πίεση.
- Εξασθενούν όταν δεν τα χρησιμοποιούμε...π.χ. οι αστροναύτες παρουσιάζουν μειωμένη οστική πυκνότητα όταν επιστρέφουν από το διάστημα (συνθήκες έλλειψης βαρύτητας).
- Το ίδιο και για μεγάλης διάρκειας ακινησία.

#### ■ (-) Δημιουργία κιρσών στα πόδια διότι:

- το αίμα κατά την κυκλοφορία παλινδρομεί προς τα πόδια αντί να κινείται προς την καρδιά...η παθολογική κίνηση του αίματος ενισχύεται επιπλέον από τη βαρύτητα.

# Πως οι Δυνάμεις επηρεάζουν το σώμα μας;

## Κυριότερες δυνάμεις: Βαρύτητας -Ηλεκτρικές

**B) Στις ηλεκτρικές δυνάμεις οφείλεται:** (περισσότερα στα Βιοσήματα)

### ■ Έλεγχος και δραστηριότητα μυών:

- Δυνάμεις προκαλούνται από ηλεκτρικά φορτία τα οποία έλκουν αντίθετα (ετερώνυμα). Η  $\Delta V$  εκατέρωθεν της κυτταρικής μεμβράνης οφείλεται στη διαφορετική συγκέντρωση (+) και (-) ιόντων μέσα και έξω από αυτή,
- $\Delta V \sim 0,1V$  και επειδή το πάχος της μεμβράνης είναι πολύ λεπτό δημιουργεί ισχυρό πεδίο ( $10^7 V/m$ )...όπως το καλώδιο υψηλής τάσης.

### ■ Μετάδοση πληροφοριών για λειτουργία οργάνων: Μετάδοση ηλεκτρικών δυναμικών (σήματα) σε διάφορα όργανα & ιστούς.

# Τριβές

---

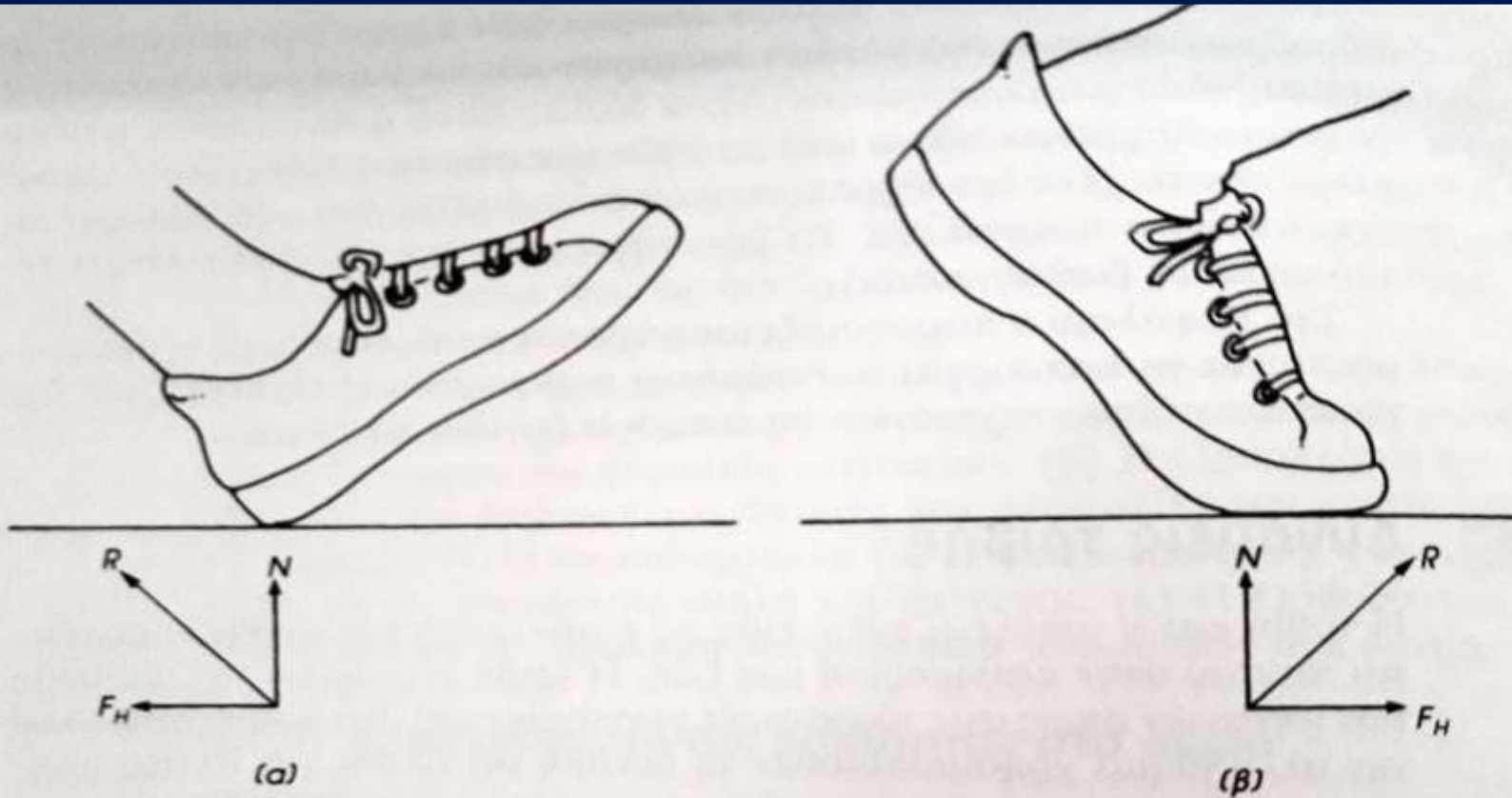
# Δυνάμεις Τριβής

- Για κάθε **κίνηση** του σώματος πρέπει να **υπερνικηθούν** οι **τριβές**, οι οποίες ανθίστανται στη κίνηση (π.χ. Αρθρώσεις)...συνήθως είναι πολύ **μικρές** (φυσιολ/κές αρθρώσεις).
  - Ωστόσο: **Ασθένειες στις αρθρώσεις** (π.χ. αρθρίτιδα) → **αυξάνουν** την **τριβή** → δυσκολεύουν την κίνηση.
  - **Λιπαντικό μέσο**: Το υγρό των αρθρώσεων χρησιμοποιείται για τη λίπανση τους.
- Επίσης, η **Τριβή** μας **βοηθά** στο **βάδισμα**...αδύνατο να περπατήσουμε χωρίς τριβή.



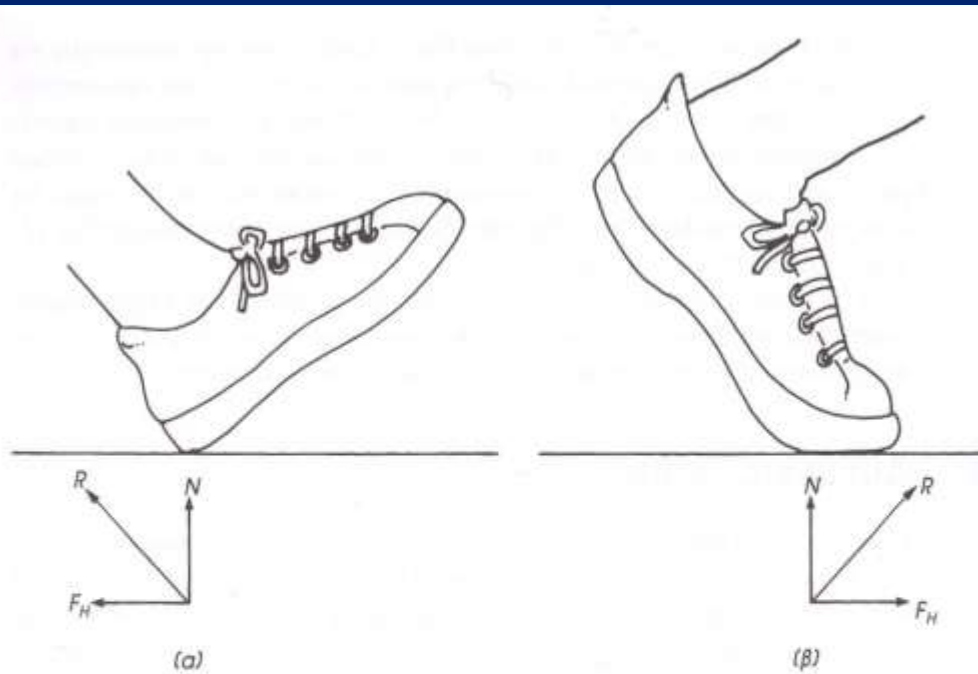


# Τριβή στο βάδισμα



**Εικόνα 3.1.** Φυσιολογικό βάδην. (α) όταν η φτέρνα ακουμπάει στο έδαφος ασκείται σε αυτή δύναμη  $R$ . Οι δύο συνιστώσες της  $R$ , η κάθετη  $N$  και η οριζόντια  $F_H$ , επιβραδύνουν το πόδι και το σώμα. Η τριβή  $F_H$  που αναπτύσσεται μεταξύ της φτέρνας και του εδάφους εμποδίζει την ολίσθησή προς τα εμπρός. (β) όταν το πέλμα απομακρύνεται από το έδαφος, η τριβή  $F_H$  εμποδίζει την ολίσθησή του προς τα πίσω και την επιτάχυνση του σώματος προς τα εμπρός. (από M. Williams and H. R. Lissner, *Biomechanics of Human Motion*, Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1962, p.122, με άδεια).

# Δυνάμεις Τριβής



**Εικόνα 3.1.** Φυσιολογικό βάδην. (α) όταν η φτέρνα ακουμπάει στο έδαφος ασκείται σε αυτή δύναμη  $R$ . Οι δύο συνιστώσες της  $R$ , η κάθετη  $N$  και η οριζόντια  $F_H$ , επιβραδύνουν το πόδι και το σώμα. Η τριβή  $F_H$  που αναπτύσσεται μεταξύ της φτέρνας και του εδάφους εμποδίζει την ολίσθηση προς τα εμπρός. (β) όταν το πέλμα απομακρύνεται από το έδαφος, η τριβή  $F_H$  εμποδίζει την ολίσθησή του προς τα πίσω και την επιτάχυνση του σώματος προς τα εμπρός. (από M. Williams and H. R. Lissner, *Biomechanics of Human Motion*, Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1962, p.122, με άδεια).

Ισχύει:

$$T = \mu * N$$

$T$ : δύναμη τριβής

$\mu$ : συντελεστής τριβής μεταξύ των δύο επιφανειών, εξαρτάται από τα δύο υλικά που έρχονται σε επαφή... όχι από εμβαδόν τους.

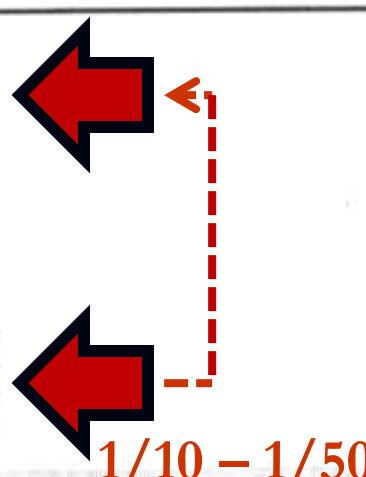
$N$ : κάθετη συνιστώσα της  $R$ .

- Όταν περπατάμε  $F_H = 0,15W$ . Για ελαστική σόλα-στεγνότοιμέντο:  $T \approx W > 0,15W$ , οπότε δεν γλιστράμε ( $N \approx W$ ).

# Δυνάμεις Τριβής


Πίνακας 3.1. Τιμές συντελεστή **τριβής**

Υλικό	$\mu$ (στατική τριβή)
Ατσάλι σε ατσάλι	0,15
Λάστιχο αυτοκινήτου σε ξηρό τσιμεντένιο δρόμο	1,00
Λάστιχο αυτοκινήτου σε βρεγμένο τσιμεντένιο δρόμο	0,7
Ατσάλι σε πάγο	0,03
Μεταξύ τένοντα και περιβλήματός του	0,013
Κοινή άρθρωση οστού	0,003



# Δυνάμεις Τριβής

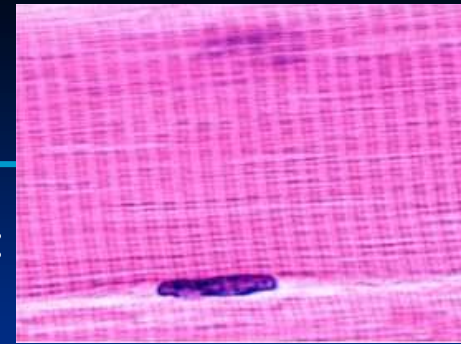
## Κίνηση/λίπανση οργάνων στο ανθρώπινο σώμα

- Τα περισσότερα από τα μεγάλα όργανα βρίσκονται συνεχώς σε κίνηση και απαιτούν λίπανση (μείωση τριβών) γι' αυτό καλύπτονται από βλέννα.
  - Το σάλιο λειτουργεί σαν λιπαντικό κατά τη μάσηση των τροφών.
  - Τα έντερα εκτελούν ρυθμικές κινήσεις (περίσταλη) για τη μεταφορά των τροφών στον προορισμό τους. 
  - Η καρδιά βρίσκεται συνεχώς σε κίνηση («λίπανση»: περικαρδιακό υγρό).
  - Κατά την αναπνοή οι πνεύμονες κινούνται («λίπανση»: πλευριτικό υγρό).

# Δυνάμεις στους μυς και αρθρώσεις

---

# Κατάταξη των μυών



▶ Διάφοροι τρόποι, π.χ. πως φαίνονται στο μικροσκόπιο:

## ■ Γραμμωτοί μύες

- Οι σκελετικοί μύες αποτελούνται από ίνες που παρουσιάζουν φωτεινές και σιοτεινές λωρίδες (γραμμώσεις) εναλλασσόμενες μεταξύ τους. Αυτές έχουν πάχος  $<$  από τρίχα και μήκος λίγων cm.
- Οι ίνες σχηματίζουν δέσμες ινών (π.χ. 2κέφαλοι, 3κέφαλοι μύες)

## ■ Λείοι μύες

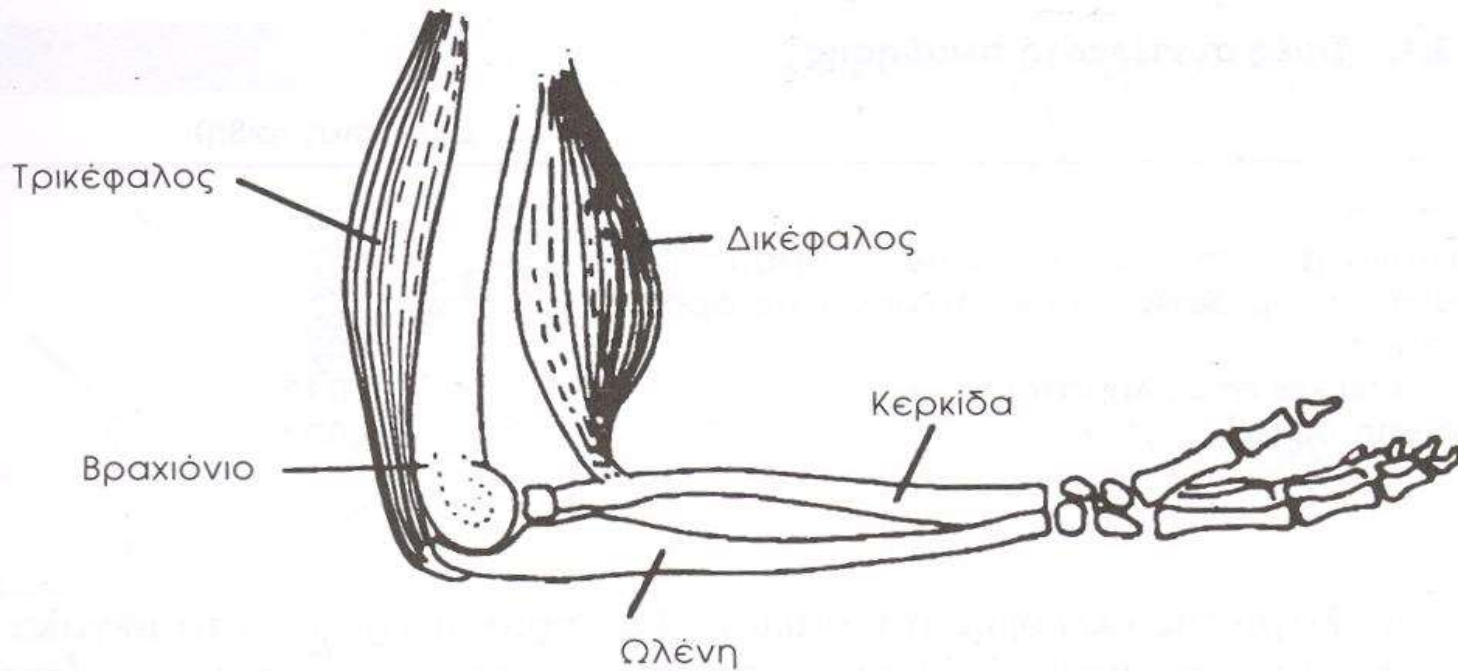
- Όλοι οι υπόλοιποι (μικρότεροι από γραμμωτούς, χωρίς γραμμώσεις)

▶ Άλλος τρόπος κατάταξης: αν λειτουργούν εικούσια (γραμμωτοί γενικά) ή ακούσια (λείοι γενικά)...ωστόσο, ουροδοχος κύστη περιβάλλεται από λείο μυ, αλλά εικούσια λειτουργία.

▶ Άλλος τρόπος κατάταξης: πόσο γρήγορα ανταποκρίνονται σε ερέθισμα (π.χ. χρόνος για λύγισμα χεριού): γραμμωτοί  $\sim 0.1$ sec, Λείοι: λίγα sec.



# Κατάταξη των μυών



**Εικόνα 3.2.** Σχηματική παράσταση του μυϊκού συστήματος που χρησιμοποιείται για το λύγισμα του αγκώνα. Οι δικέφαλοι λυγίζουν τον αγκώνα, ενώ οι τρικέφαλοι τον τεντώνουν.

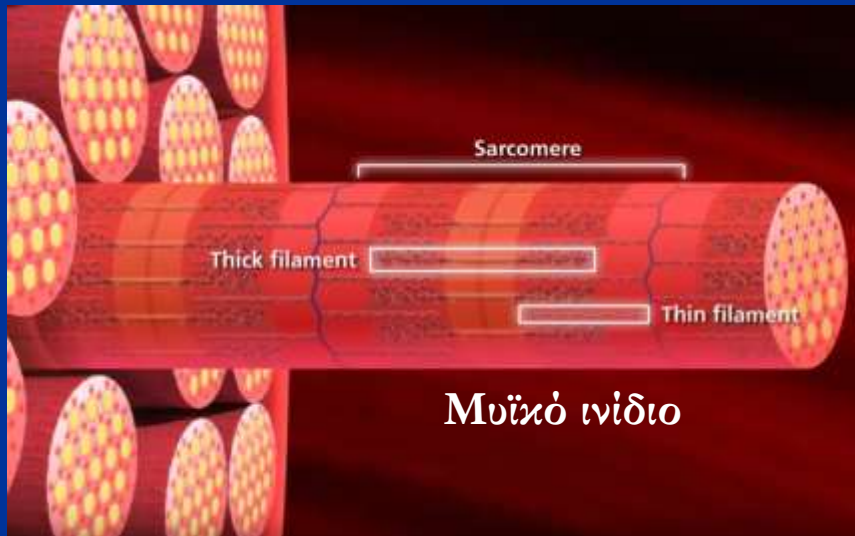
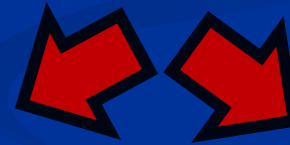
# Κατάταξη των μυών

Στο μικροσκόπιο, οι Γραμμωτοί Μύες αποτελούνται από:

↳ Οργανώνεται σε Σαρκομέρια ('συσταλτικές μονάδες')

Ίνες ← Μυϊκά ινίδια ← Νημάτια (απαρτίζονται από πρωτεΐνες)

(2 ειδών)



Παχιά

Μυοσίνη

D = 10nm

L = 2000nm

Λεπτά

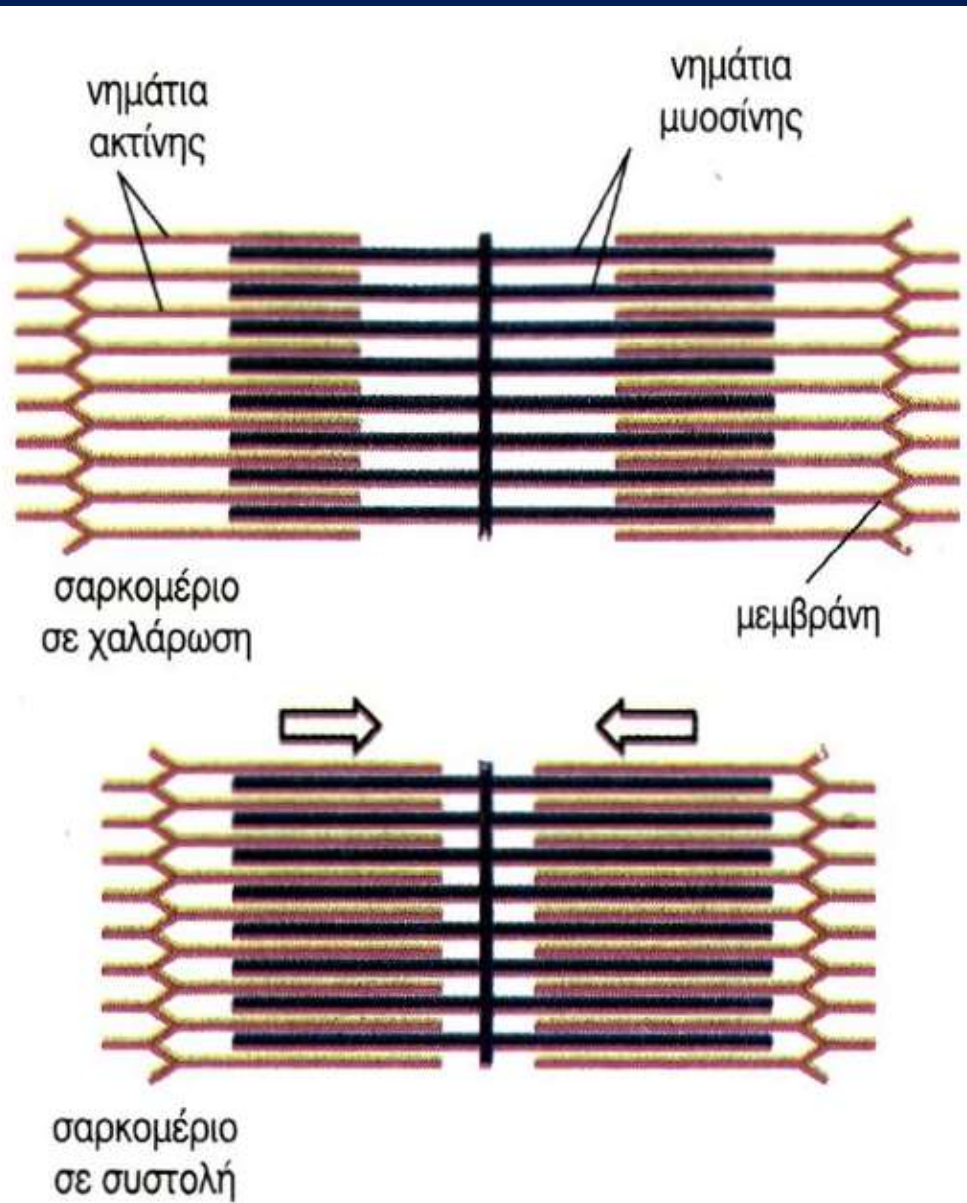
Ακτίνη

D = 5 nm

L = 1500nm



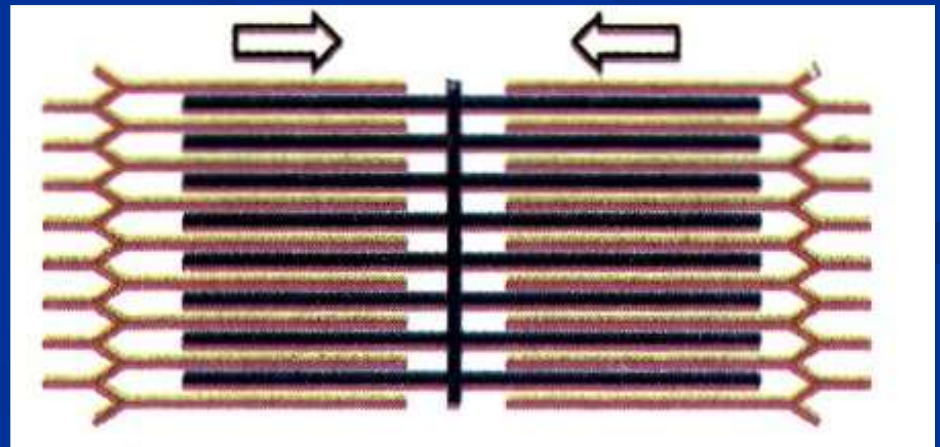
# Κατάταξη των μυών



# Κατάταξη των μυών

## Κατά τη συστολή των γραμμωτών μυών:

- Παραγωγή ελκτικής ηλεκτροστατικής δύναμης μεταξύ των νηματίων, η οποία προκαλεί:
  - **Ολίσθηση** (μεταξύ των νηματίων)
    - Τα νημάτια της Ακτίνης ολισθαίνουν κατά μήκος της Μυοσίνης (προς το κέντρο του σαρκομ.), και έτσι μειώνεται το μήκος του σαρκομερίου (και του μυ).
  - **Ελάττωση** συνολικού μήκους της δέσμης έως 20%.
- Οι μύες παράγουν δυνάμεις μόνο κατά τη συστολή τους... δλδ μόνο κατά τη διάρκεια μείωσης του μήκους της δέσμης.



# Κατάταξη των μυών

## Συστολή λείων μυών:

- Δεν σχηματίζονται από ίνες και είναι, γενικά, μικρότεροι από γραμμωτούς.
- Διαφορετικός μηχανισμός συστολής.
- Μπορούν να συσταλούν περισσότερο από το μήκος των μυϊκών κυττάρων.
  - Τα μυϊκά κύτταρα ολισθαίνουν το ένα πάνω στο άλλο.
- *Παραδείγματα:* Κυκλικοί μύες γύρω από πρωιτό, ουροδόχο κύστη, έντερα, τα τοιχώματα των αρτηριών και αρτηριδίων.

# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

Πολλά από τα συστήματα μυών + οστών συμπεριφέρονται ως μοχλοί.

## Μοχλοί

- 1ης τάξης συστήματα
- 2ης τάξης συστήματα
- 3ης τάξης συστήματα

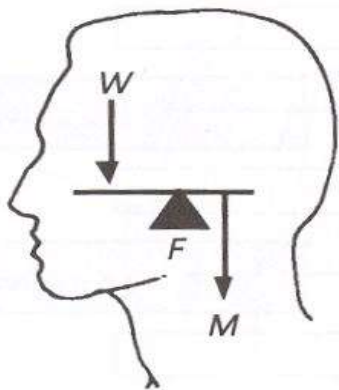


Οι περισσότεροι μοχλοί του ανθρώπινου σώματος είναι 3ης τάξης.

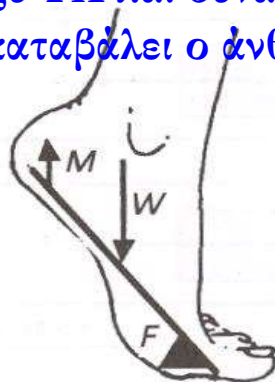
Οι μοχλοί 1ης τάξης είναι ελάχιστοι.

# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

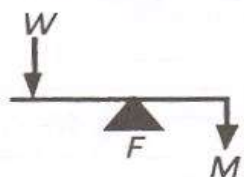
ΥΧ: μεταξύ  $W$  & δύναμη  $M$  που εξασκεί ο άνθρωπος.



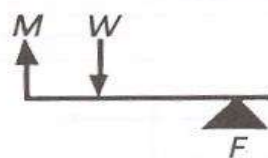
Φορτίο  $W$ : παρεμβάλλεται μεταξύ ΥΧ και δύναμης  $M$  που καταβάλλει ο άνθρωπος.



Η δύναμη  $M$ : βρίσκεται μεταξύ ΥΧ και φορτίου  $W$ .



1ης τάξης



2ης τάξης



3ης τάξης

ΥΧ: υπομόχλιο

**Εικόνα 3.4.** Τα τρία είδη μοχλών μέσα στο ανθρώπινο σώμα με σχηματικά παραδείγματα.  $W$  είναι η δύναμη του βάρους,  $F$  η δύναμη στο υπομόχλιο και  $M$  η μυϊκή δύναμη. Το διαφορετικό είδος μοχλού εξαρτάται από την εκάστοτε διάταξη των τριών δυνάμεων.

# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

- Οι μύες είναι **λεπτότεροι** στα δύο άκρα τους.
- Στα άκρα τους σχηματίζονται οι **τένοντες** (σύνδεση μυός-οστού).

## Δικέφαλοι μύες

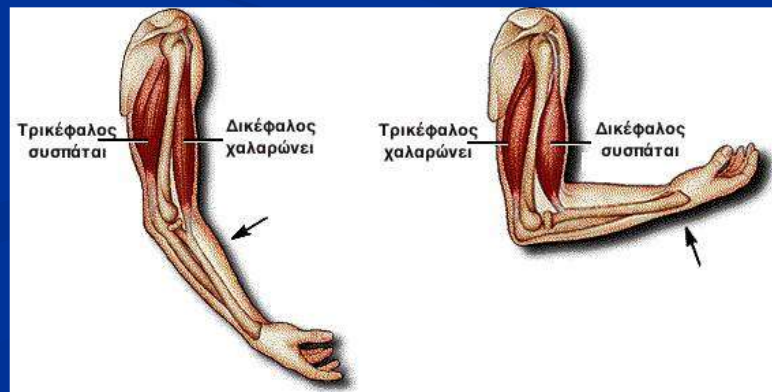
Μύες με 2 κεφαλές, σχηματίζουν 2 τένοντες στο ένα άκρο τους.

## Τρικέφαλοι μύες

Μύες με 3 κεφαλές, σχηματίζουν 3 τένοντες στο ένα άκρο τους.

- Επειδή οι μύες παράγουν  $F$  μόνο κατά τη συστολή τους, οι μυϊκές ομάδες σχηματίζονται από **ζεύγη μυών** (π.χ. κίνηση αντιβραχίου γύρω από αγκώνα).

- Η **μία ομάδα** προκαλεί κίνηση προς τη μία διεύθυνση γύρω από την άρθρωση ενώ η **άλλη** προς την αντίθετη.





# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

3.1

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

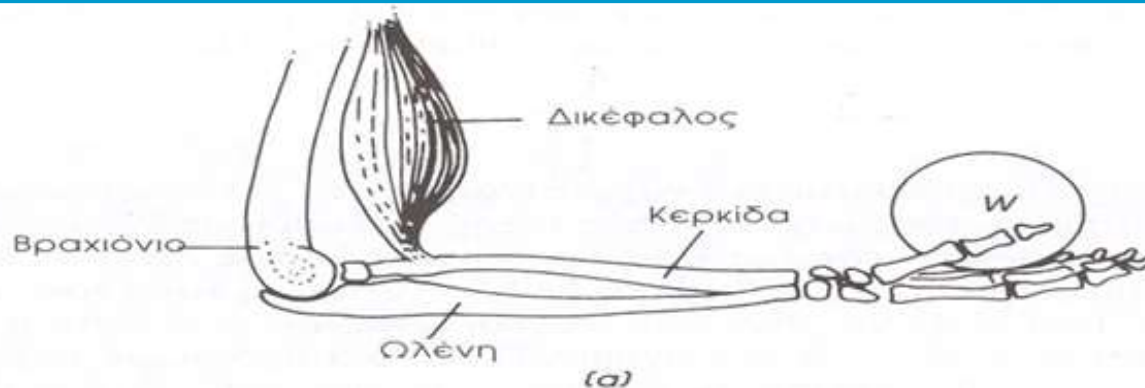
Δοκίμασε τα παρακάτω για να κατανοήσεις τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα ενός μοχλού **?** τάξης. Τοποθέτησε ένα μεγάλο πλαστικό καλάθι πάνω σε ένα τραπέζι και τοποθέτησε μέσα σε αυτό δύο αντικείμενα μάζας 5 Kg (βάρους 98 N). Τύλιξε τη λαβή του καλάθιού με ένα πανί ώστε να γίνει πιο μαλακή. Σήκωσε το καλάθι με το ένα χέρι έτσι ώστε η γωνία που σχηματίζει το αντιβράχιο με το βραχίονα να είναι  $90^\circ$ . Επανάλαβε το πείραμα τοποθετώντας τη λαβή του καλάθιού ψηλότερα στο αντιβράχιο (στη μέση περίπου). Μπορείς να αισθανθείς τη διαφορά στη δύναμη που πρέπει να ασκηθεί από το δικέφαλο; Πόσο διαφέρουν οι δύο δυνάμεις – σκεφτόμενος λογικά και στη συνέχεια υπολογίζοντάς την (βλέπε παρακάτω); Επανάλαβε το πείραμα για διάφορες γωνίες μεταξύ των δύο τμημάτων του χεριού σου.

Λόγω ισορροπίας:  $\sum \tau = 0 \Rightarrow \dots$

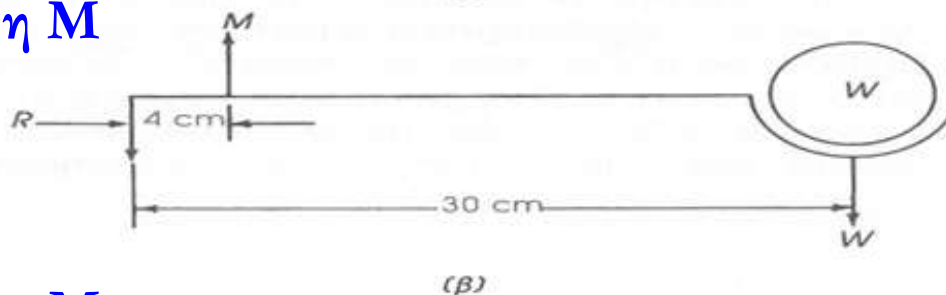
Τι 'τάξης' είναι αυτό το σύστημα μοχλού;



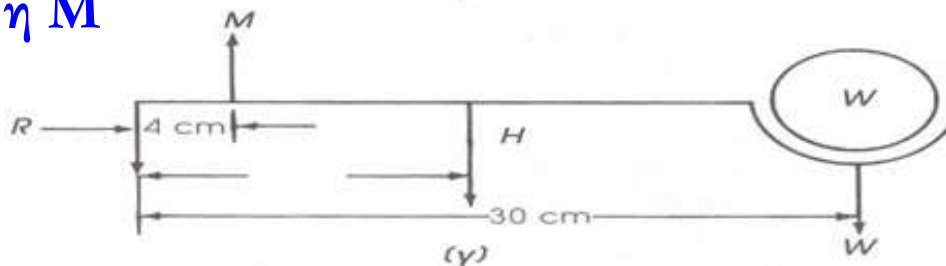
# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς



A) Να υπολογιστεί η  $M$   
(χωρίς  $H$ )



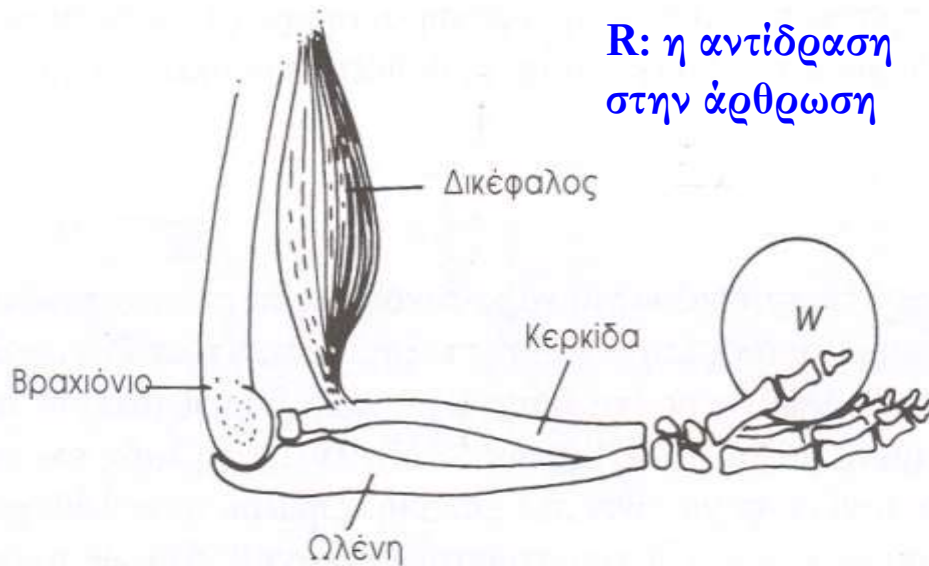
B) Να υπολογιστεί η  $M$   
(με  $H$ )



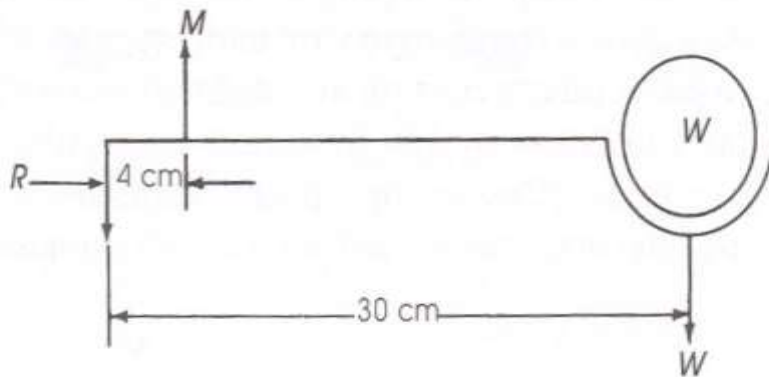
Εικόνα 3.5. Το αντιβράχιο. (α) Οι μύες και τα οστά. (β) Οι δυνάμεις και οι αποστάσεις:  $R$  είναι η δύναμη αντίδρασης από το βραχιόνιο στην ωλένη,  $M$  είναι η δύναμη που παρέχουν οι δικέφαλοι και  $W$  είναι το βάρος της σφαίρας στην παλάμη του χεριού. (γ) Οι δυνάμεις και οι διαστάσεις συμπεριλαμβανομένου του βάρους των ιστών και των οστών του αντιβραχίου και του χεριού  $H$ . Οι δυνάμεις αυτές ασκούνται στο κέντρο βάρους του.



# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς



(a)



**A) Δύναμη δικέφαλου: M**

Ροπή βάρους,  $\tau_W = 30W$

Ροπή δύναμης μυός,  $\tau_M = 4M$

Σε ισορροπία:

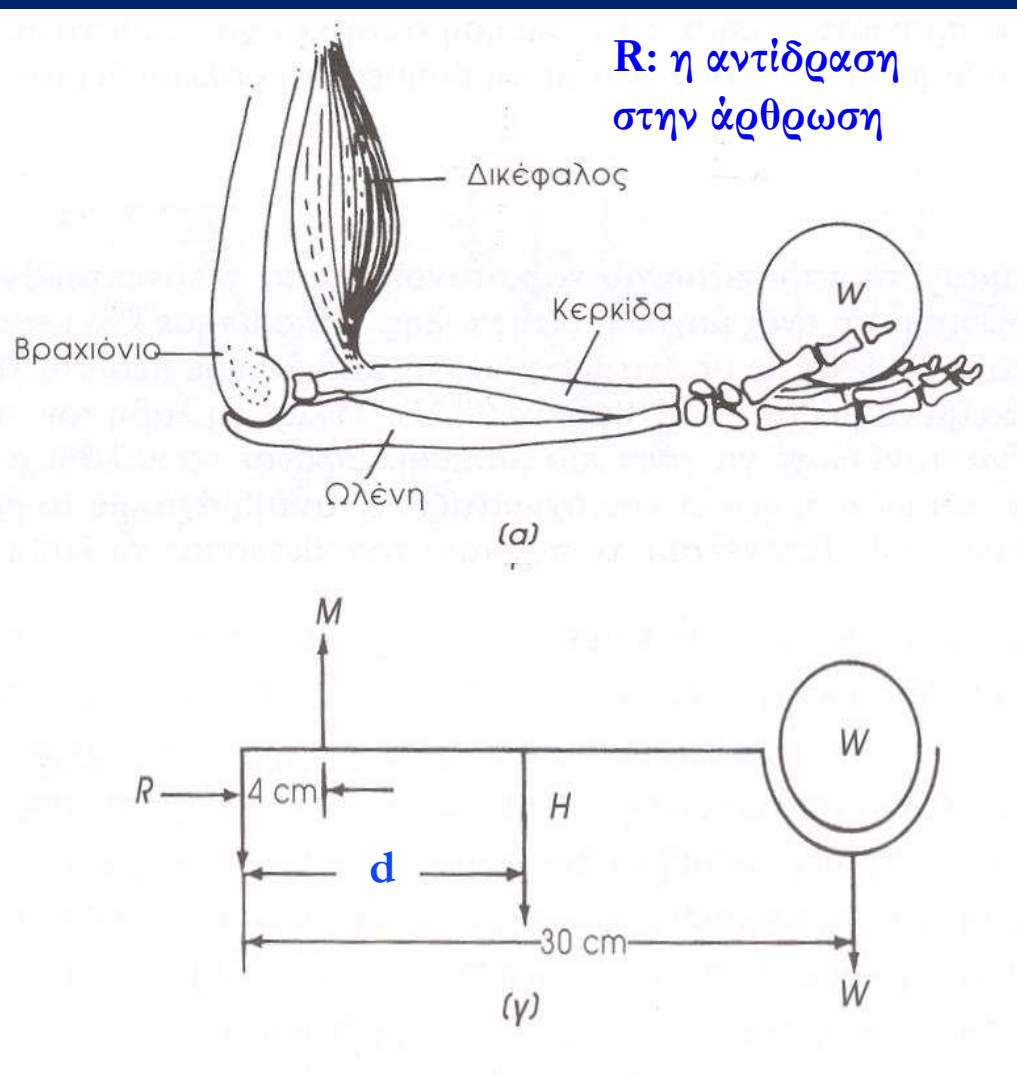
$$\Sigma \tau = 0 \Rightarrow$$

$$30W - 4M = 0 \Rightarrow$$

$$4M = 30W \Rightarrow$$

$$\mathbf{M = 7.5W}$$

# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς



**B) Λαμβάνοντας υπόψη το βάρος του αντιβραχίου-χειριού:**

Σε ισορροπία:

$$\Sigma \tau = 0 \Rightarrow$$

$$4M = 14H + 30W \Rightarrow$$

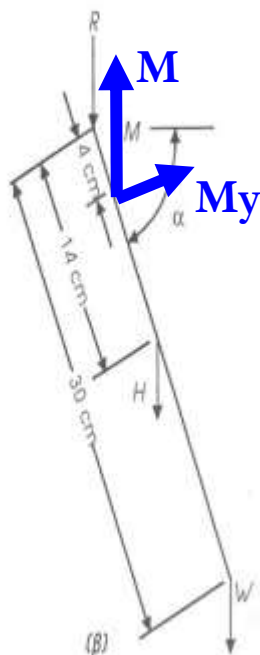
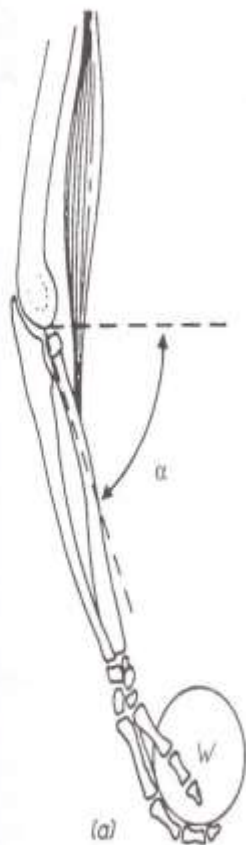
$$M = 3.5H + 7.5W$$

*Η δύναμη που απαιτείται από το δικέφαλο είναι μεγαλύτερη.*

*( $d=14$ , απόσταση άρθρωσης - ΚΜ αντιβραχίου/χειριού)*

# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

R: η αντίδραση στην άρθρωση



Εικόνα 3.6. Το αντιβράχιο σχηματίζοντας γωνία  $\alpha$  με το οριζόντιο επίπεδο. (α) Οι μύες και τα οστά. (β) Οι δυνάμεις και οι διαστάσεις.

Γ) Αν η γωνία που σχηματίζουν το αντιβράχιο με το χέρι γίνει  $> 90^\circ$ , πόση μυϊκή δύναμη απαιτείται;

Σε ισορροπία:

$$\Sigma \tau = 0 \Rightarrow$$

$$4M_y = 14H_y + 30W_y \Rightarrow$$

$$4M \cos \alpha = 14H \cos \alpha + 30W \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \mathbf{M = 3.5H + 7.5W}$$

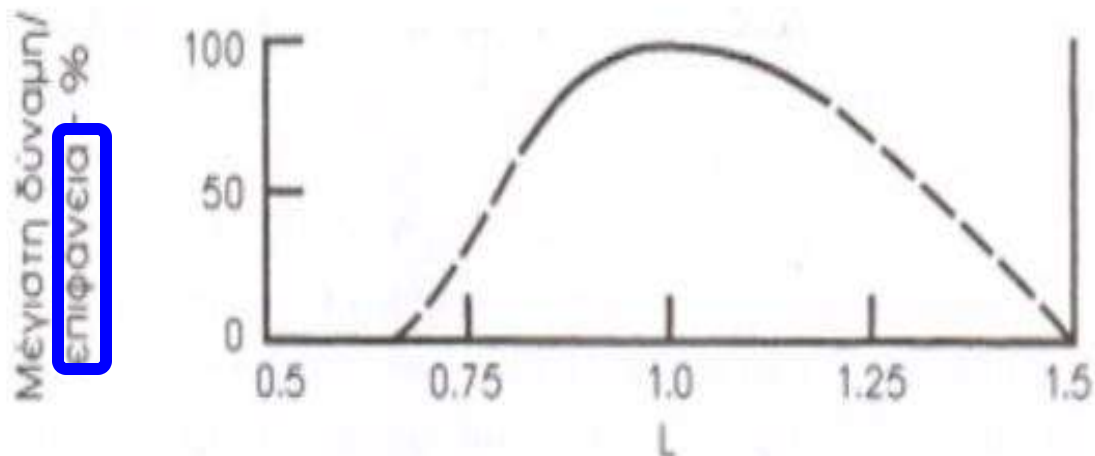
Υπολογίζοντας τις ροπές γύρω από την άρθρωση παρατηρούμε ότι η μυϊκή δύναμη  $M$  παραμένει σταθερή.

# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

- Κάθε μυς μπορεί να συσταλεί σε ένα ελάχιστο μήκος και να διασταλεί σε ένα μέγιστο.
- Στα δύο αυτά άκρα η δύναμη που καταβάλλει ο μυς είναι ελάχιστη.
- Σε ενδιάμεσο σημείο, ο μυς ασκεί τη μέγιστη δύναμη.
- Αν ο διέφαλος σπινώσει βάρος σε γωνία,
  - η γωνία που σχηματίζει με το αντιβράχιο  $\Delta EN$  επηρεάζει τη δύναμη που απαιτείται, ΑΛΛΑ
  - μεταβάλλει το μήκος του μυ,  $\rightarrow$  επηρεάζεται η ικανότητα του μυ να παράγει την απαιτούμενη δύναμη.

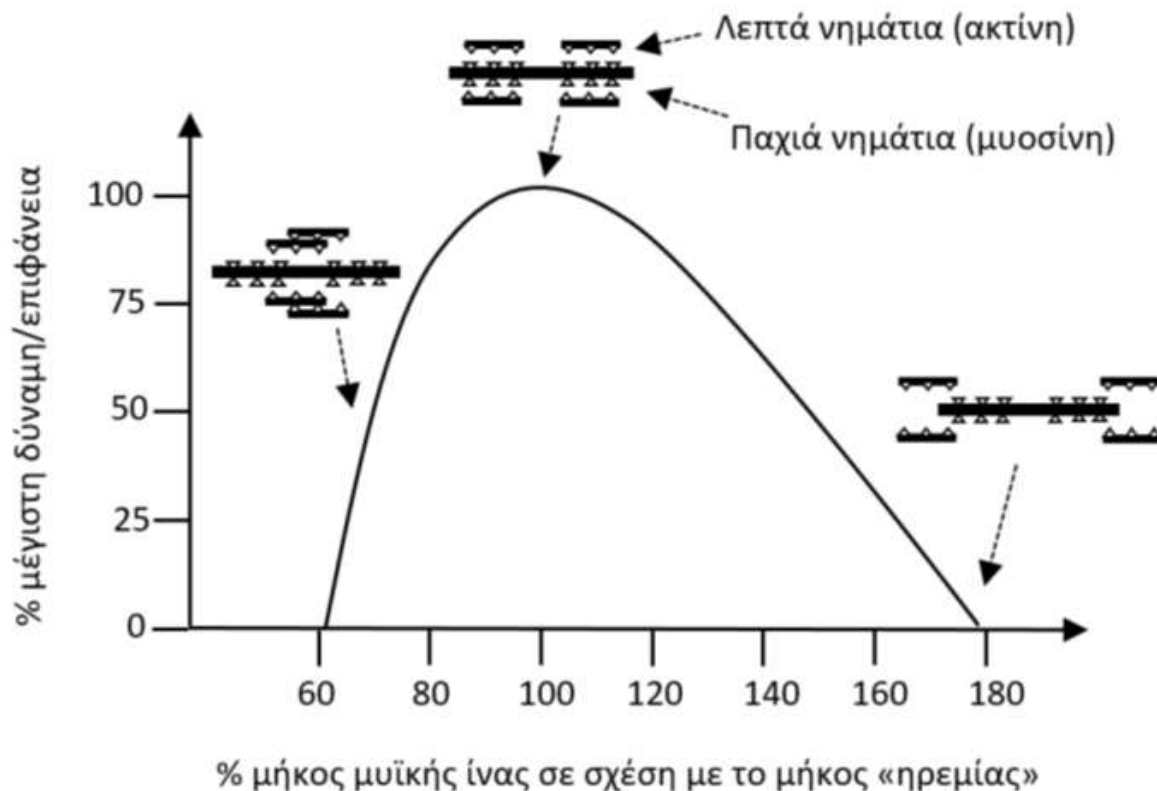


# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς



**Εικόνα 3.7.** Το βέλτιστο μήκος του μυ για την παραγωγή δύναμης είναι περίπου το μήκος  $L$  που έχει ο μυς σε κατάσταση ηρεμίας. Όταν ο μυς συμπιεσθεί κατά 80% του μήκους του  $L$ , ο μυς δεν μπορεί να συσταλθεί περισσότερο και η δύναμη που μπορεί να παράγει είναι κατά πολύ μικρότερη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που τεντώνουμε το μυ σε μήκος 20% μεγαλύτερο από το φυσιολογικό. Εάν δε ο μυς τεντωθεί κατά  $2L$  είναι δυνατόν να προκληθεί μη αναστρέψιμος τραυματισμός του.

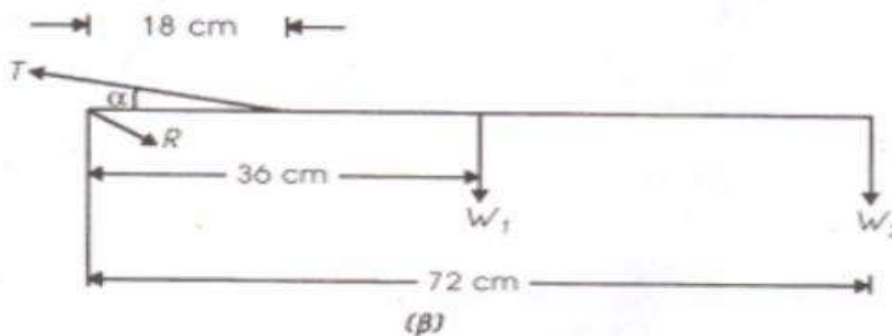
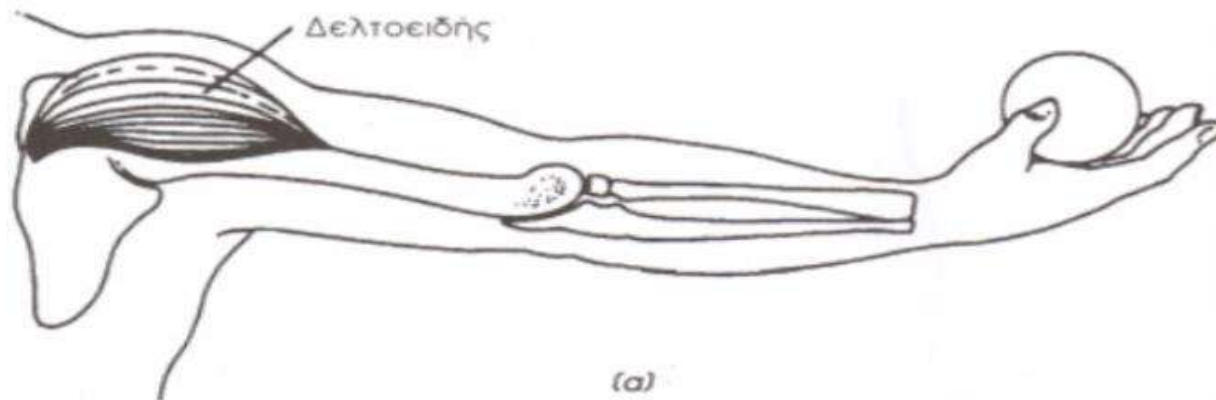
# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς



Εικόνα 3: Διάγραμμα μεταβολής της μέγιστης τάσης που μπορεί να ασκήσει ο μυς σε σχέση με το μήκος του. Στο ίδιο διάγραμμα αποτυπώνεται η επικάλυψη μεταξύ παχιών και αραιών νηματίων για διάφορα μήκη του μυός. (Βασισμένη στο [1]).

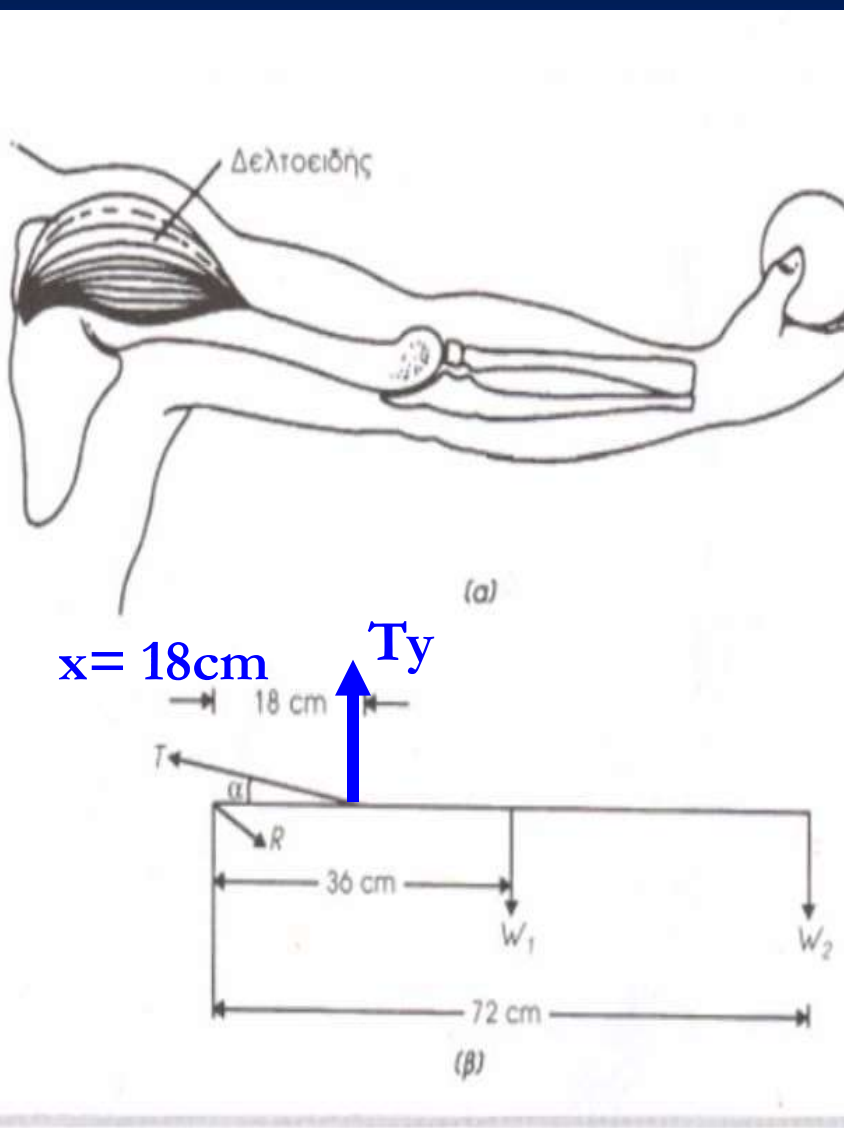


# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς



**Εικόνα 3.8.** Υψώνοντας το δεξιό βραχίονα. (α) Απεικονίζονται ο δελτοειδής μυς και τα οστά. (β) Απεικονίζονται οι δυνάμεις που ασκούνται στο βραχίονα.  $T$  είναι η δύναμη από το δελτοειδή για μια συγκεκριμένη γωνία  $\alpha$ ,  $R$  είναι η δύναμη αντίδρασης στην άρθρωση του ώμου,  $W_1$  είναι το βάρος του βραχίονα με σημείο εφαρμογής το κέντρο βάρους του, και  $W_2$  το βάρος που συγκρατείται από το χέρι (σφαίρα). (Από L. A. Strait, V. T. Inman, and H. J. Ralston, *Amer. J. Phys.*, 15, 1947, σελ. 379.)

# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς



Το χέρι σηκώνεται στο ύψος των ώμων από τον δελτοειδή μυ.

Να υπολογιστεί η  $T$ .

$\sum \tau = 0$  γύρω από άρθρωση ώμου:

$$xT_y = 2xW_1 + 4xW_2 \Rightarrow \dots$$

$$T = \frac{2W_1 + 4W_2}{\sin \alpha} \Rightarrow T = 1145\text{N}$$

(για:  $\alpha = 16^\circ$ ,  $W_1 = 68\text{N}$ ,  $W_2 = 45\text{N}$ )

Η δύναμη που απαιτείται για να συγκρατήσει το χέρι ψηλά είναι πολύ μεγάλη.

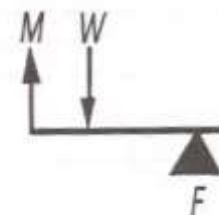
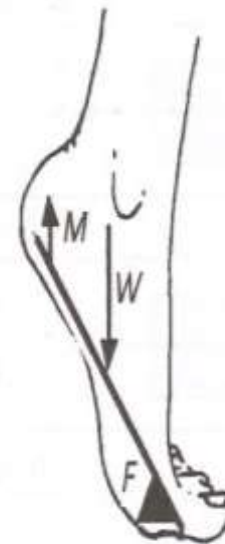


# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

3.2

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Στην εικόνα 3.4 απεικονίζεται ο μοχλός του ποδιού. Η δύναμη  $M$  είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από το βάρος του ποδιού; (Υπόδειξη: Ο μυς που παράγει τη δύναμη  $M$  είναι προσαρτημένος στο οστό της κνήμης.)



$$\Sigma \tau = 0 \Rightarrow \dots M < W \text{ γιατί } d_{FM} > d_{FW}$$

?

τάξης

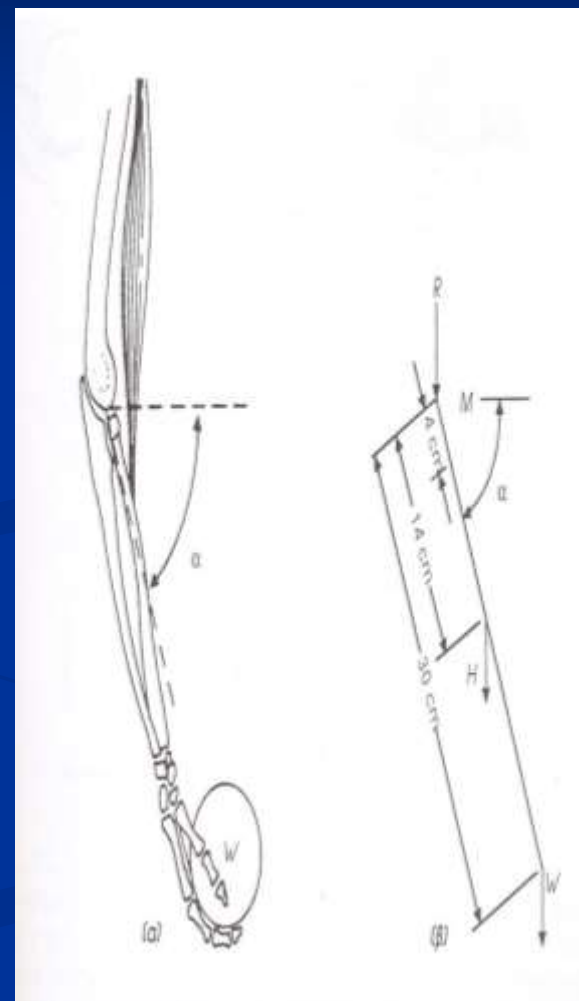
# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

3.3

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Βασισμένος στην εικόνα 3.6, απέδειξε ότι η δύναμη που ασκείται από το μυ είναι ανεξάρτητη από τη γωνία που σχηματίζει το αντιβράχιο με τον οριζόντιο άξονα.

$\Sigma \tau = 0 \Rightarrow \dots$  τα  $\cos \alpha$  απλοποιούνται  
(το αποδείξαμε πριν)



# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

3.4

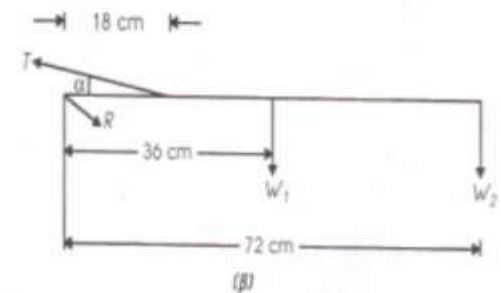
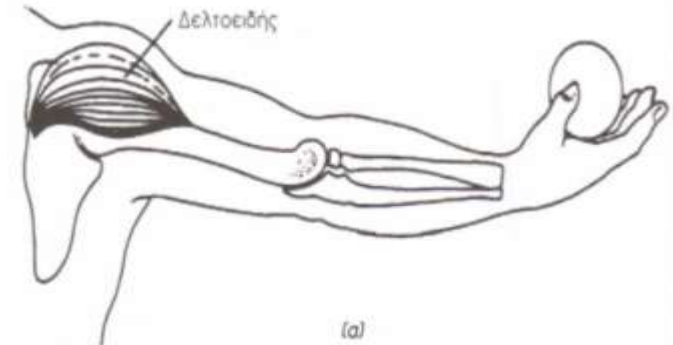
ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Απόδειξε την εξίσωση 3.1 για το χέρι και το δελτοειδή μυ.

$$T = \frac{(2W_1 + 4W_2)}{\sin \alpha}$$

$\Sigma \tau = 0 \Leftrightarrow \dots$

(το αποδείξαμε πριν)



# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

3.5

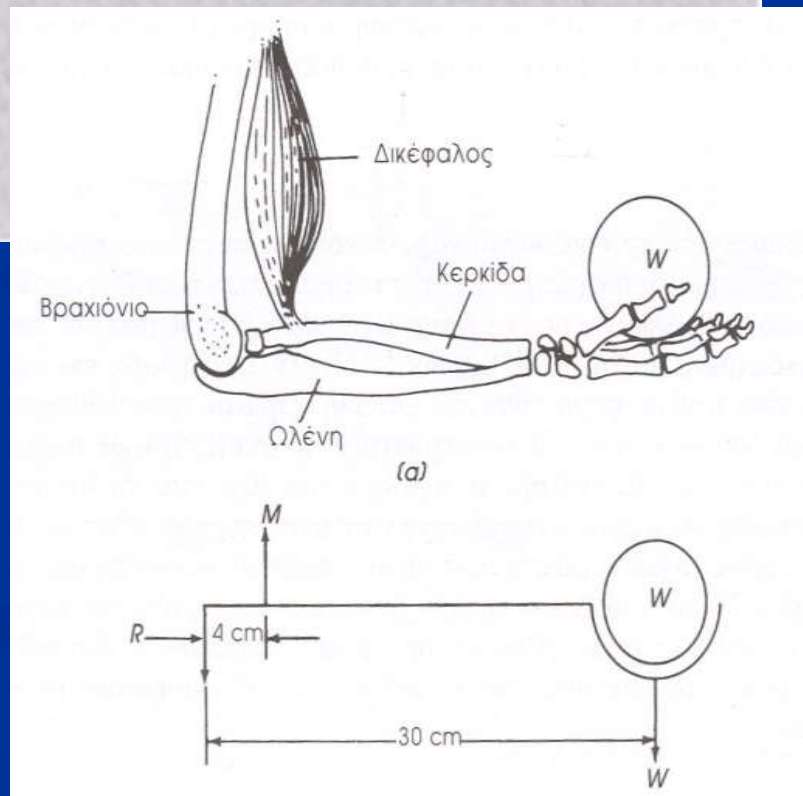
ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Ο δικέφαλος μυς του ανθρώπινου σώματος μπορεί να παράγει δύναμη περίπου ίση με 2600 N. Γιατί δεν μπορείς να σηκώσεις με το χέρι σου ένα αντικείμενο που ζυγίζει 2600 N;

$$\sum \tau = 0 \Rightarrow M = \frac{d_{RW}}{d_{RM}} W \Rightarrow$$

$$M > W \text{ (ισχύει: } \frac{d_{RW}}{d_{RM}} > 1)$$

36 που απαιτείται!

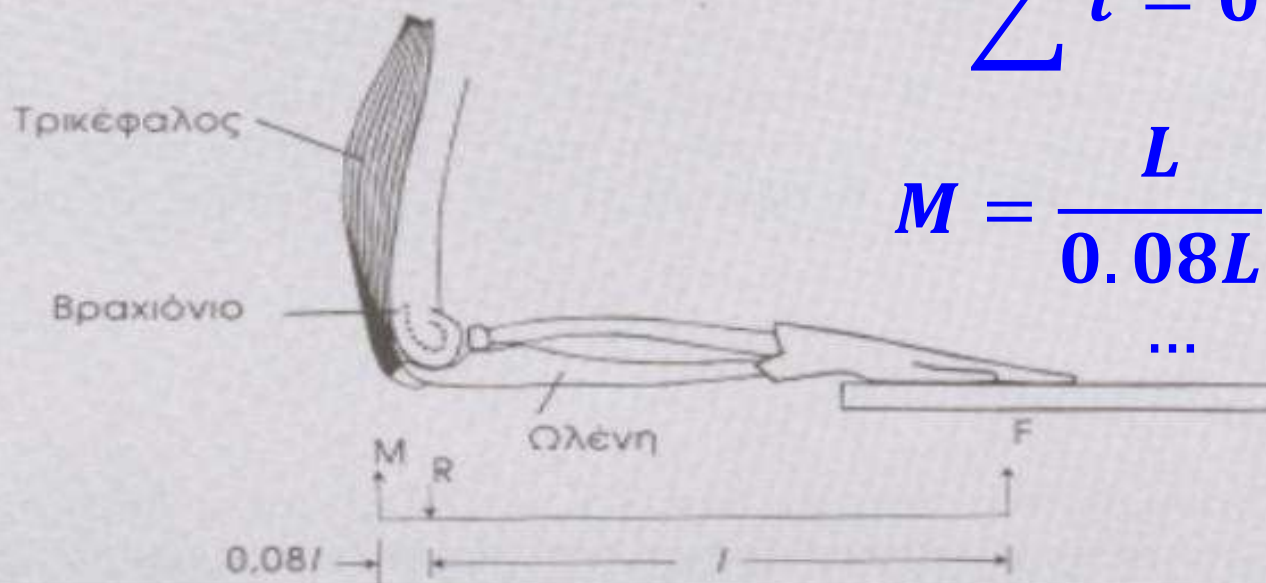


# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

3.6

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Αν γυρίσεις το χέρι σου και το πιέσεις πάνω σε ένα τραπέζι, δημιουργείς ένα σύστημα μοχλού **?** τάξης (βλέπε Εικόνα). Στην περίπτωση αυτή, ο δικέφαλος μυς βρίσκεται σε ηρεμία (και αγνοείται). Η δύναμη  $F$  που ασκεί το χέρι στο τραπέζι εξισορροπείται από τη δύναμη που ασκεί ο τρικέφαλος μυς  $M$  στην ωλένη και την υπομόχλιο δύναμη  $R$ , η οποία ασκείται στην επαφή του βραχιονίου με την ωλένη. Για τις παραμέτρους που δίνονται στο παρακάτω σχήμα και για δύναμη  $F = 100 \text{ N}$ , υπολόγισε τη δύναμη που απαιτείται από τον τρικέφαλο. Αγνόησε τη μάζα του βραχίονα και του χεριού.



$$\sum \tau = 0 \Rightarrow$$

$$M = \frac{L}{0.08L} F \Rightarrow$$

...



# Μυϊκές δυνάμεις που σχετίζονται με μοχλούς

3.7

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Ο εκτείνων μυς ασκεί δύναμη  $M$  για τη στήριξη του κεφαλιού σε όρθια θέση και αποτελεί μέρος ενός συστήματος μοχλού ? τάξης. Έστω,  $F$  η δύναμη που ασκείται από τον πρώτο αυχενικό σπόνδυλο και  $W$  το βάρος του κεφαλιού με σημείο εφαρμογής το κέντρο βάρους του (βλέπε Εικόνα). Αν το κεφάλι έχει μάζα  $3 \text{ Kg}$ , ή βάρος  $W \cong 30 \text{ N}$ :

(α) Υπολόγισε τις δυνάμεις  $F$  και  $M$ .

[Απάντηση:  $F = 48 \text{ N}$ ,  $M = 18 \text{ N}$ ]

(β) Αν το εμβαδόν του πρώτου ↗ αυχενικού σπονδύλου, πάνω στον οποίο στηρίζεται το κεφάλι, είναι  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  υπολόγισε την πίεση (δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας:  $\text{N/m}^2$ ) σε αυτόν.

[Απάντηση:  $9,6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ]

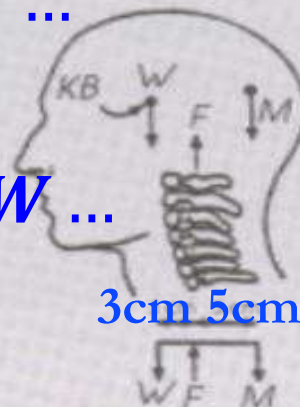
(α)

$$\sum \tau = 0 \Rightarrow 5M = 3W \dots$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F = M + W \dots$$

(β)

$$P = \frac{F}{S} \dots$$



# Σπονδυλική στήλη

---

# Η σπονδυλική στήλη (ΣΣ)

- Τα **οστά** αποτελούν την κύρια **δομική στήριξη** του ανθρωπίνου σώματος.
  - παρέχουν τη **στήριξη** του βάρους των **μυών** και των **ιστών**.
- Η **επιφάνεια διατομής** των οστών **αυξάνει** από το **κεφάλι** προς τα **άνω**.
  - **Μεγαλύτερη δύναμη στήριξης** απαιτείται από τη **βάση** (αν και εξαιρέσεις, π.χ. μηριαίο οστό > οστό κνήμης & περόνης)
- Το φυσιολ. **μήκος** της ΣΣ (0.7m για άνδρες) μειώνεται στην όρθια στάση κατά 1.5cm. Επανέρχεται μετά τον ύπνο. Επίσης **μειώνεται με την ηλικία** κυρίως στις γυναίκες (οστεοπόρωση).



# Η σπονδυλική στήλη

- Αποτελείται από 33 οστά (σπονδύλους) + χωρίζεται σε τμήματα.
- Το χαμηλότερο τμήμα της έχει **σχήμα S**.
- Από την **αυχενική** μοίρα προς την **οσφυϊκή** μοίρα το **πάχος** και το **εμβαδόν** της διατομής των σπονδύλων **αυξάνει**.
- **Μεταξύ** των σπονδύλων υπάρχουν ινώδεις **δίσκοι** οι οποίοι **απορροφούν** τις ασκούμενες **δυνάμεις**.



**Εικόνα 3.9.** Η Σπονδυλική στήριξη παρέχει την κύρια στήριξη του κεφαλιού και του άνω μέρους του σώματος. Η στήλη είναι σχήματος "S", και το εμβαδόν της διατομής των σπονδύλων αυξάνει όσο αυξάνει το υπερκείμενο βάρος. Το μήκος της σπονδυλικής στήλης για έναν ενήλικο άνδρα είναι περίπου 0,7 m.

# Η σπονδυλική στήλη

3.8

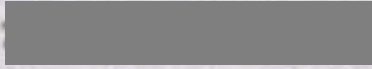
ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Οι δίσκοι της σπονδυλικής στήλης μπορούν να αντέξουν τάση (δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας)  $1,1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  πριν υποστούν διάρρηξη.

(α) Αν το εμβαδόν της διατομής των δίσκων σου είναι  $10 \text{ cm}^2$ , ποια είναι η μέγιστη δύναμη που μπορεί να εφαρμοστεί ώστε να μην επέλθει διάρρηξη αυτών;

$$F = P \times S$$

[Απάντηση:  $1,1 \times 10^4 \text{ N}$ ]

(β) Εκτίμησε την τάση σε ένα δίσκο που βρίσκεται στο ύψος του  του σώματός σου όταν στέκεσαι όρθιος.

[Απάντηση:  $3,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ]

$$m \approx 70 \text{ Kgr}$$

$$P = \frac{B}{2S}$$

(γ) Ποιες καταστάσεις μπορεί να προκληθούν όταν η τάση στο συγκεκριμένο σπόνδυλο είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που υπολόγισες προηγουμένως;

# Αποκλίσεις από την φυσιολογική καμπύλωση

Μεγάλη καμπύλωση στην οσφυϊκή. Προκαλεί κλίση προς τα πίσω.



(α)

Λόρδωση



(β)

Κύφωση

ΣΣ σε σχήμα S (από πίσω)



(γ)

Σκολίωση



(δ)

Φυσιολογική καμπύλωση

Καμπύλωση προκαλεί κύρτωση («καμπούρα»)

Εικόνα 3.10. Ανώμαλες καταστάσεις τις σπονδυλικής στήλης. (α) λόρδωση, (β) κύφωση, και (γ) σκολίωση. (δ) Φυσιολογική στάση σώματος. (Από *A Guide to Physical Examination*, B. Bates, J. P. Lippincott, Philadelphia, PA, σελ. 261-261, (1974) με άδεια.)

# Σταθερότητα του σώματος στην όρθια στάση

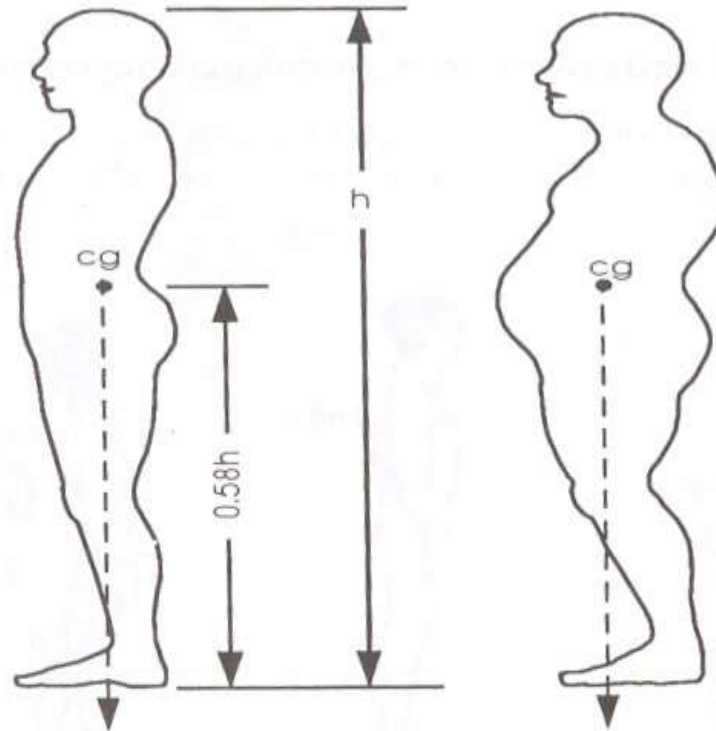
---

# Σταθερότητα του σώματος

- Όταν στειόμαστε όρθιοι το κέντρο μάζας (ΚΜ) βρίσκεται περίπου στο ύψος της πυέλου (περίπου στο 58% του ύψους)
- Η κάθετη προβολή του ΚΜ περνάει ανάμεσα στα πόδια.
- **Αλλαγή ΚΜ** όταν: ανεπαρκής λειτουργία μυών, ατυχήματα, ασθένειες, **υπέρβαρες καταστάσεις**, εγνυμοσύνες, ...
  - Μια **υπέρβαρη** κατάσταση μετατοπίζει το ΚΜ προς τα εμπρός, μετακινώντας την κάθετη προβολή του προς το πρόσθιο μέρος του πέλματος όπου η **ισορροπία** είναι **λιγότερο σταθερή**.
  - Το άτομο αυτό **ισορροπεί** γέρνοντας ελάχιστα προς τα πίσω.



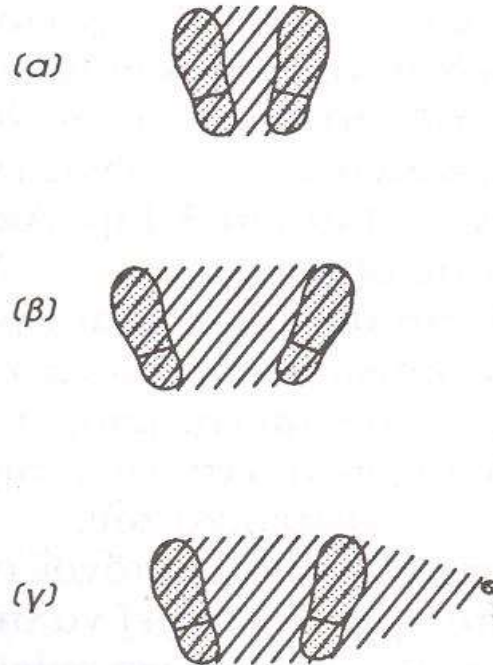
# Σταθερότητα του σώματος



**Εικόνα 3.11.** (α) Το κέντρο βάρους ενός φυσιολογικού ατόμου βρίσκεται σε ύψος περίπου ίσο με το 58% του ύψους του ατόμου, πάνω από το πέλμα των ποδιών του. (β) Μια υπέρβαρη κατάσταση μπορεί να μετακινήσει το κέντρο βάρους σε τέτοια θέση, ώστε η κάθετη προβολή του να τείνει να βρεθεί έξω από την πρόσθια πλευρά των πελμάτων, με αποτέλεσμα το σώμα για να ισορροπεί ενεργοποιεί έντονα τους μύς της πλάτης, προκαλώντας έτσι πιθανή καταπόνησή τους. (Από C. R. Nave and B. C. Nave, *Physics for the Health Science*, W. B. Saunders Company, 1975, σελ. 24, με άδεια).



# Σταθερότητα του σώματος



Για να διατηρούμε την ισορροπία μας στην όρθια στάση πρέπει: η κάθετη προβολή του  $KM$  να παραμένει στην περιοχή που καλύπτεται από την επιφάνεια των πελμάτων μας (βάση στήριξης).

**Εικόνα 3.12.** Το σώμα παραμένει σταθερό όσο η κάθετη προβολή του κέντρου βάρους του παραμένει μέσα στη σκιαγραφημένη επιφάνεια ανάμεσα στα πόδια του. (α) Η επιφάνεια όταν τα πόδια βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους, (β) όταν τα πόδια βρίσκονται σε κάποια απόσταση μεταξύ τους, και (γ) η επιφάνεια όταν χρησιμοποιείται μπαστούνι ή πατερίτσα.

# Σταθερότητα του σώματος

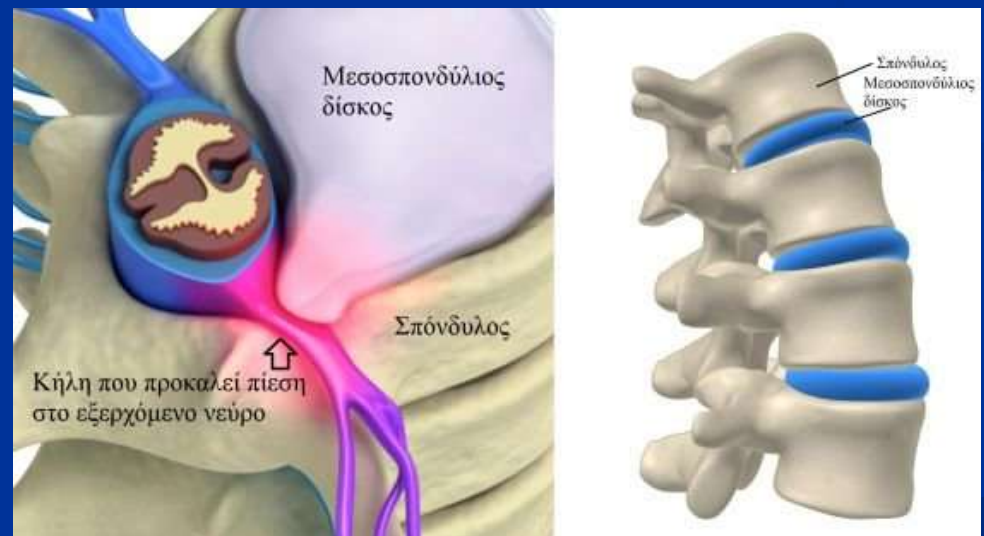
- Το σώμα εξισορροπεί τη θέση του όταν σηκώνει μία βαριά βαλίτσα με το ένα χέρι.
- Το άλλο χέρι κινείται προς την αντίθετη πλευρά ώστε το (νέο) ΚΜ να βρίσκεται στην κατάλληλη θέση για ισορροπία.
- Το ίδιο συμβαίνει και με άτομα που έχουν ένα χέρι. Αντισταθμίζουν το βάρος του ενός χεριού γέρνοντας το σώμα τους, κάτι που προκαλεί καμπύλωση της ΣΣ.

# Άρσεις και βαθιά καθίσματα

---

# Άρσεις και βαθιά καθίσματα

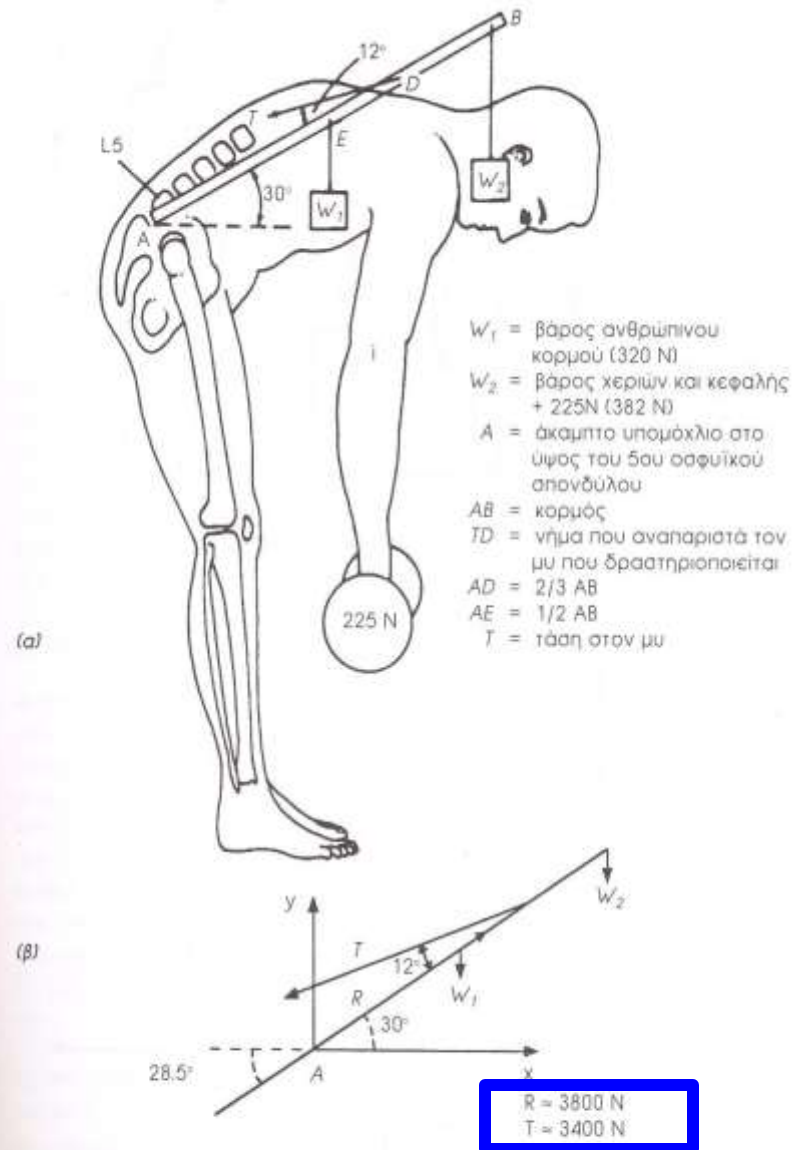
- Ο νωτιαίος μυελός (σωληνοειδής δέσμη νευρικών κυττάρων) βρίσκεται στο εσωτερικό της σπονδυλικής στήλης (νωτιαίος σωλήνας).
- Μέσω του νωτιαίου μυελού μεταδίδονται νευρικά σήματα από/προς τον εγκέφαλο.
- Παρέχει αισθητική, κινητική και αυτόνομη νύρωση στον κορμό και τα άκρα.



- Οι δίσκοι της σπονδυλικής στήλης μπορούν να υποστούν βλάβη
  - (δισκοκήλη: ο δίσκος φθείρεται, εμφανίζεται ρωγμή, μικρό μέρος βγαίνει και προβάλλει προς τον σπονδυλικό σωλήνα)

# Άρσεις και βαθιά καθίσματα

- Η οσφυϊκή μοίρα καταπονείται συχνά από δυνάμεις που προηγούνται από το βάρος αντικειμένων που προσπαθούμε να σηκώσουμε.
- Αν το σώμα γύρει  $60^\circ$  για να σηκώσει βάρος  $225 \text{ N}$  η δύναμη (**R**) που ασκείται στον 5ο οσφυϊκό (L5) σπόνδυλο μπορεί να φτάσει  $\sim 6 \times$  το βάρος ενός ανθρώπου!



Εικόνα 3.13. Σηκώνοντας ένα βάρος, (α) Σχηματική παράσταση των δυνάμεων που χρησιμοποιούνται (β) Οι δυνάμεις είναι, προσεγγιστικά, το σύνολο όλων των μυϊκών δυνάμεων T, και R είναι η επαγόμενη δύναμη στον πέμπτο οσφυϊκό σπόνδυλο (L5). Παρατήρηση ότι η δύναμη αυτή είναι πολύ μεγάλη. (Από L. A. Strait, V. T. Inman, and H. J. Ralston, *Amer. J. Phys.*, 15, 1947, σελ. 377-378.)

- Υπολόγισε τις T, R  
 $(\Sigma \tau = 0, \Sigma F_x = 0 \dots)$

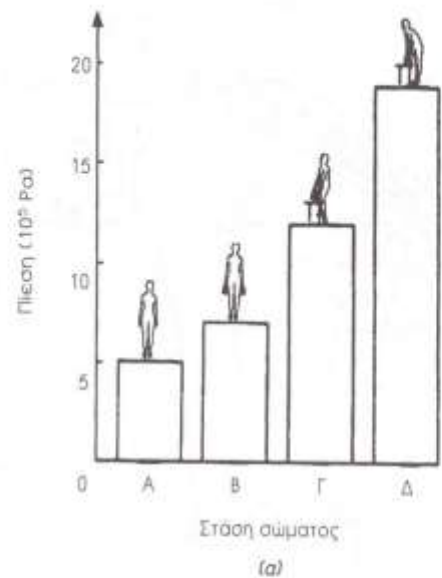
- Η κύρια αιτία των πόνων στη μέση: λανθασμένος τρόπος που σηκώνουμε βαριά αντικείμενα.

- Στην εικόνα βλέπουμε την πίεση που ασκείται στον 3ο οσφυϊκό σπόνδυλο σε έναν ενήλικα σε διάφορες στάσεις.

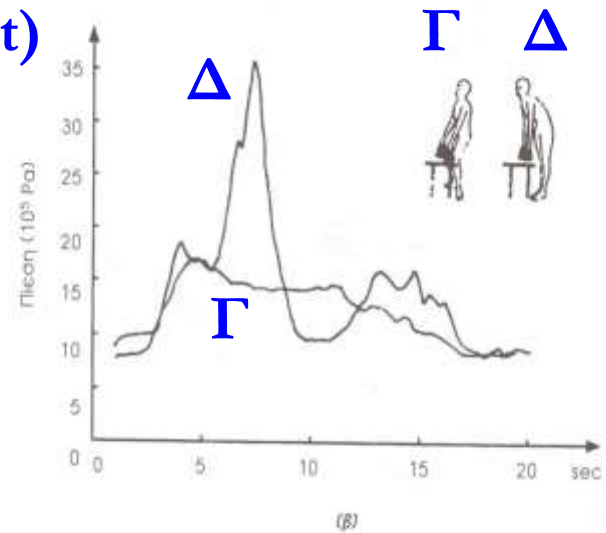
- Αιόμα και στην περίπτωση που στειόμαστε όρθιοι η δύναμη που ασκείται στους δίσκους είναι σχετικά μεγάλη λόγω του βάρους των μυών και των ιστών.

Ρ στον 3<sup>ο</sup> οσφυϊκό σπόνδυλο

$10^5 Pa \Leftrightarrow W$   
μάζας 1kg,  
σε  $1cm^2$



$P = f(t)$



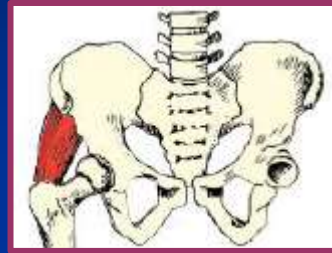
Εικόνα 3.14. Η πίεση στη σπονδυλική στήλη. (α) Η πίεση στον τρίτο οσφυϊκό σπόνδυλο όταν το άτομο (Α) στέκεται όρθιο, (Β) στέκεται όρθιο και κρατάει 20 Kg, (Γ) σηκώνει 20 Kg βάρος λυγίζοντας (σωστά) τα γόνατά του και (Δ) σηκώνει 20 Kg, χωρίς να λυγίσει (λάθος) τα γόνατά του. (β) Η πίεση που ασκείται στιγμιαία στον τρίτο οσφυϊκό σπόνδυλο όταν το άτομο σηκώνει και αφήνει βάρος 20 Kg για τις περιπτώσεις (Γ) και (Δ). Παρατήρησε ότι, για την περίπτωση (Δ), η πίεση στο σπόνδυλο παρουσιάζει μέγιστο (Από A. Nachemson and G. Elfstrom, Scand. J. Rehab. Med., Suppl.1, 1970, σελ. 21-22.)



# Δυνάμεις κατά την ισορροπία στο 1 πόδι

W: βάρος (F από έδαφος → στο πέλμα)

$W_L$ : βάρος ποδιού ( $W/7$ )



T: δύναμη απαγωγού μυός

R: Δύναμη αντίδρασης μεταξύ ισχίου και κεφαλής μηριαίου οστού (άρθρωση)

► Υπολόγισε τις T, R = f(W)

$$\sum \tau = 0, \sum F_y = 0, \sum F_x = 0$$



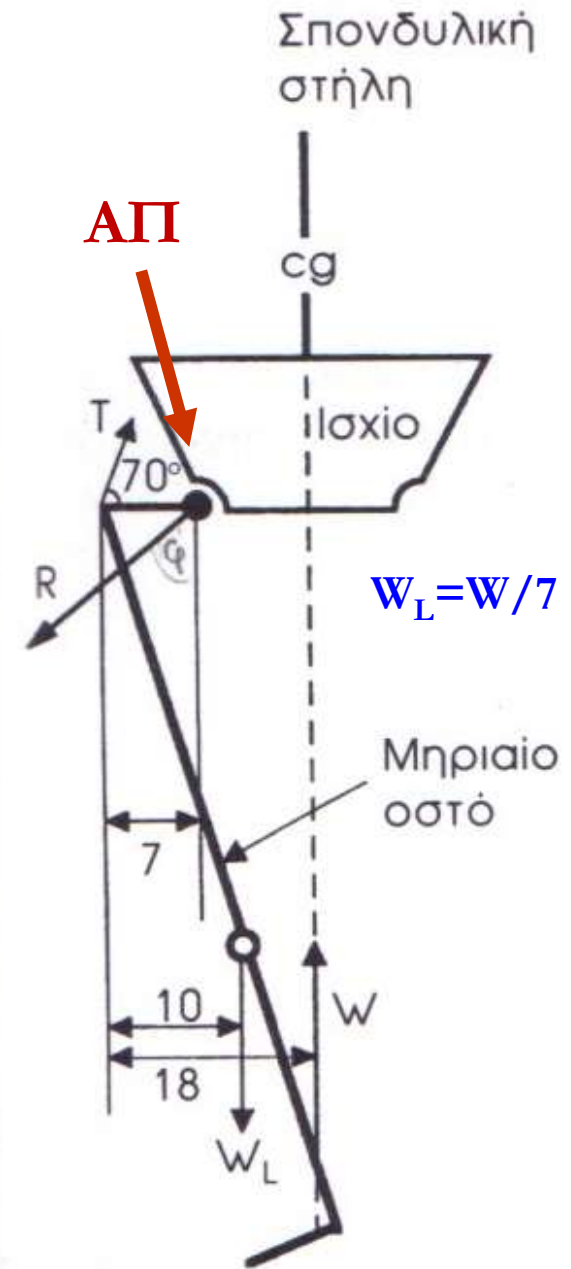
$$(\cos^2 + \sin^2 = 1)$$

$$T = 1,6W$$



$$R = 2,4W$$

Λύση 1 (ΑΠ:  
άρθρωση)

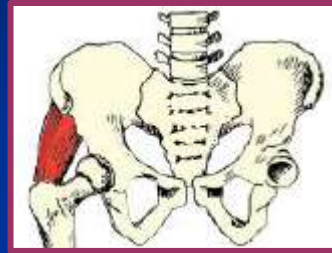


(a)

# Δυνάμεις κατά την ισορροπία στο 1 πόδι

W: βάρος (F από έδαφος → στο πέλμα)

$W_L$ : βάρος ποδιού ( $W/7$ )



T: δύναμη απαγωγού μυός

R: Δύναμη αντίδρασης μεταξύ ισχίου και κεφαλής μηριαίου οστού (άρθρωση)

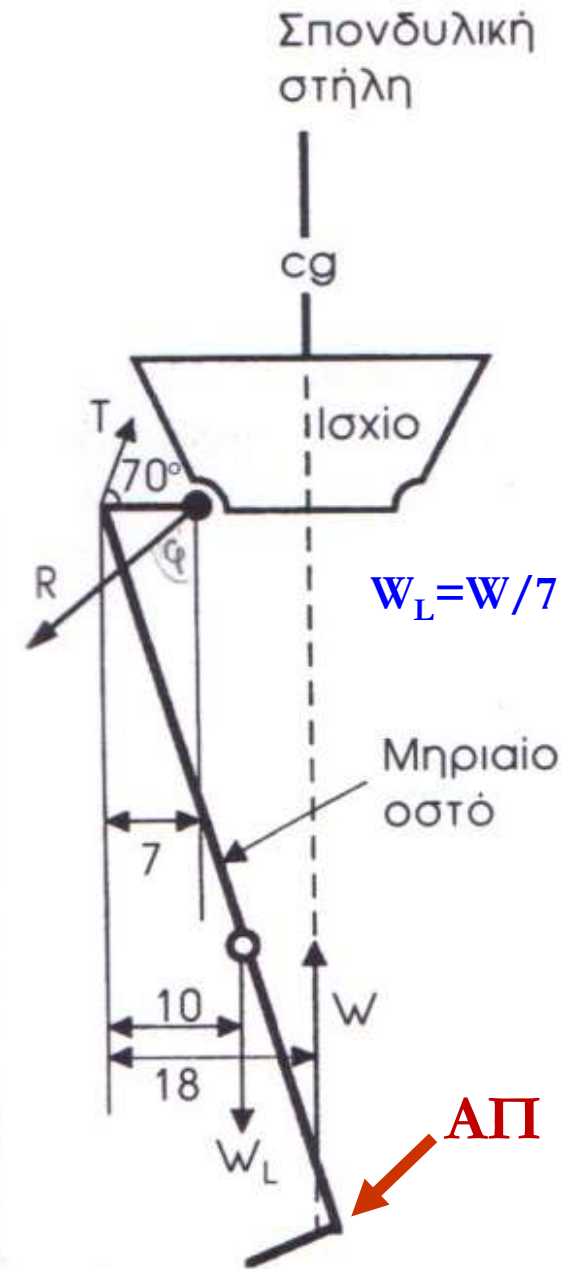
► Υπολόγισε τις T, R = f(W)

$$\sum \tau = 0, \underbrace{\sum F_y = 0}, \underbrace{\sum F_x = 0}_{(\cos^2 + \sin^2 = 1)}$$

$$T = 1,6W$$

(Απαλοιφή  $R \cos \varphi$ )

$$R = 2,4W$$

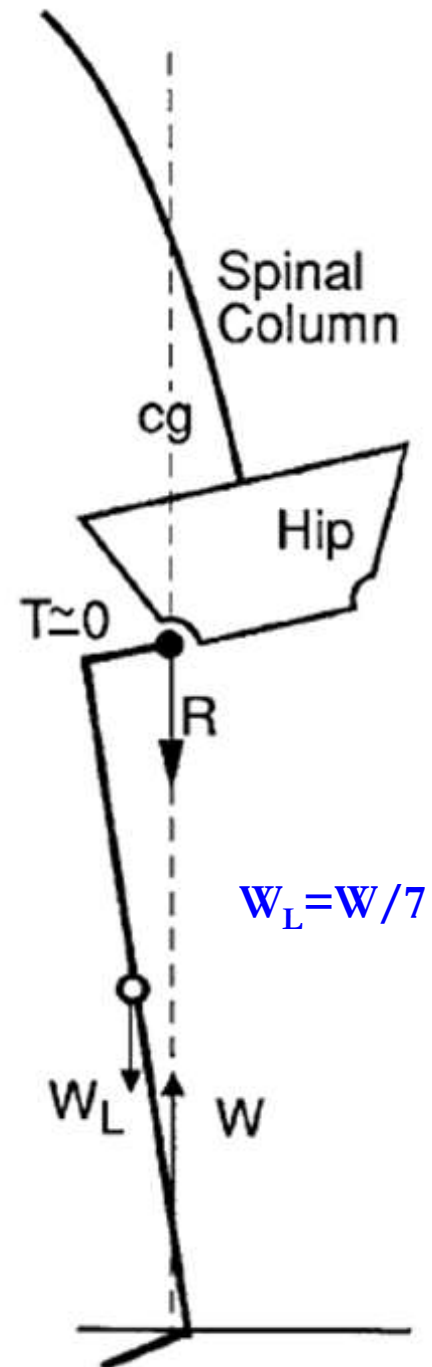


(a)

Λύση 2 (ΑΠ: πέλμα)

# Περίπτωση τραυματισμού απαγωγού μυ ή άρθρωσης ισχίου

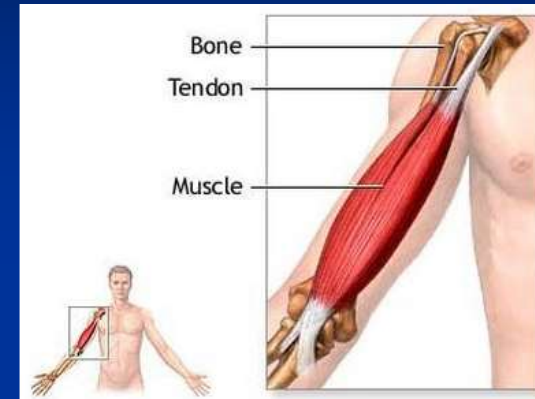
- Το σώμα γέρνει ώστε να μεταφέρει το ΚΜ πάνω από την κεφαλή του μηριαίου οστού (άρθρωση) + το πέλμα. Έτσι:
- Η  $T$  σχεδόν μηδενική & δύναμη αντίδρασης  $R$  κατακόρυφη προς τα κάτω:
  - $R = W - W_L = \frac{6}{7}W < 2,4W$
- Η διαδικασία αυτή μειώνει  $T$ ,  $R$  & βοηθά την επούλωση.
- Ωστόσο, στις 2 αρθρώσεις  $\neq R \Rightarrow$  άνιση ανάπτυξη των 2 αρθρώσεων...επίσης πιθανή καμπύλωση της ΣΣ.



# Άρσεις και βαθιά καθίσματα

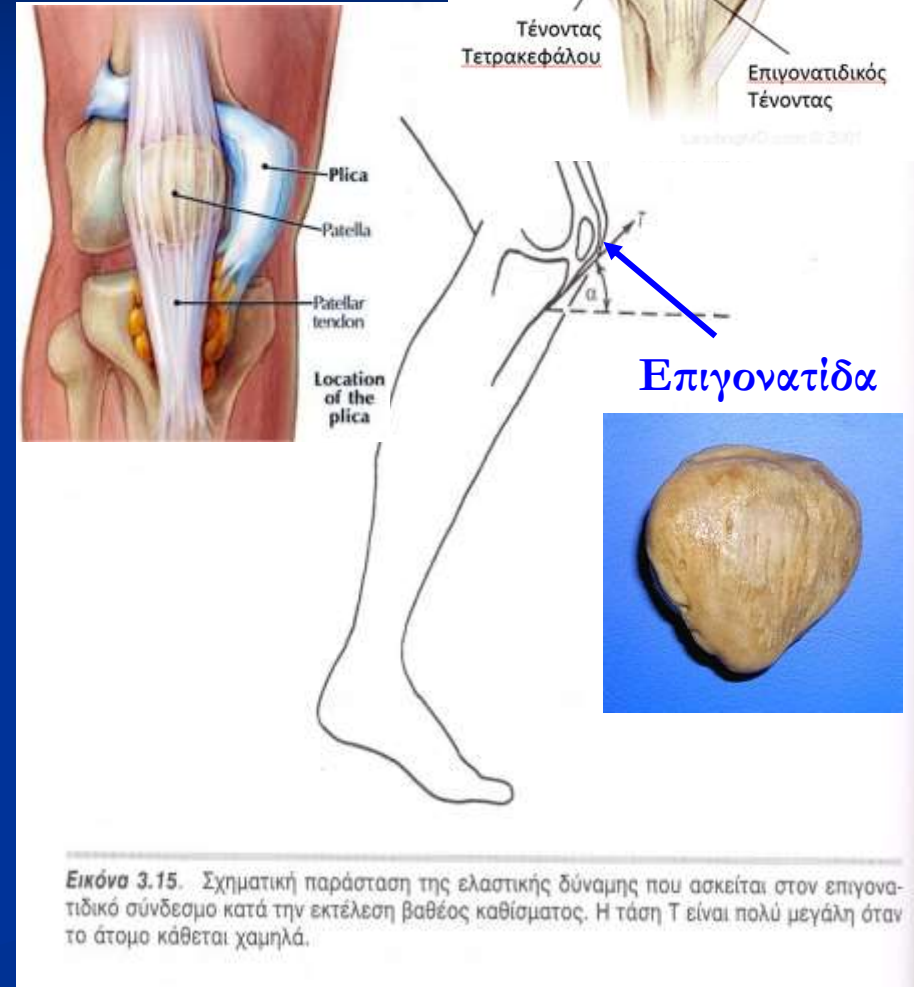
## Τένοντες:

- Ινώδεις ανατομικές δομές, συνδέουν τα άκρα των μυών με τα οστά και ελαχιστοποιούν τον όγκο στην άρθρωση.
  - Για να λειτουργούν σωστά πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένοι με το οστό σε κατάλληλες θέσεις.
  - Η αρθρίτιδα π.χ. στο χέρι εμποδίζει τους τένοντες να το κλείσουν/ανοίξουν πλήρως.
- Όπως οι δυνάμεις διαδίδονται σε αποστάσεις με συστήματα τροχαλιών, έτσι και οι δυνάμεις των μυών του σώματος διαδίδονται μέσω των τενόντων.



# Άρσεις και βαθιά καθίσματα

- Στο πόδι ένας τένοντας περνάει πάνω από ένα αυλάκι στην επιγονατίδα και συνδέεται με το οστό της κνήμης.
- Η επιγονατίδα δρα ως τροχαλία. Συγκρατείται από τη δύναμη που ασκεί ο τένοντας.
  - Πόδι σε έκταση: μπορείς να μετακινήσεις την επιγονατίδα με το χέρι σου. Πόδι λυγισμένο: όχι.
- Όταν εκτελούμε βαθύ κάθισμα η τάση στους τένοντες που περνούν από την επιγονατίδα μπορεί  $> 2 \times$  βάρους του σώματος!



# Δυνάμεις κατά τη σύγκρουση

---



# Δυνάμεις κατά τη σύγκρουση

Όταν ένα σώμα συγκρουστεί με αντικείμενο, επιβραδύνεται λόγω των δυνάμεων που αναπτύσσονται.

Αν

- η επιβράδυνση είναι σταθερή, &
- η κίνηση γίνεται σε μία διάσταση, ισχύει:

2ος Νόμος Νεύτωνα: Ρυθμός μεταβολής ορμής

$$F = ma = m \frac{dv}{dt} = \frac{dp}{dt}$$

# Δυνάμεις κατά τη σύγκρουση

## Παράδειγμα:

Άτομο που περπατά με ταχύτητα  $1\text{m/sec}$  χτυπά κατά λάθος το κεφάλι του σε ατσάλινο δοιάρι. Έστω ότι το κεφάλι του σταματάει περίπου σε  $\Delta t = 0,01\text{sec}$  ( $\Leftrightarrow$  διανύει απόσταση  $5\text{mm}$ ). Αν η μάζα του κεφαλιού είναι  $3\text{Kg}$  ποια είναι η τιμή της δύναμης που προκαλεί την επιβράδυνση;

Μεταβολή ορμής κεφαλιού:

$$\blacksquare dp = p_{\text{τελ}} - p_{\text{αρχ}} = -mv_{\text{αρχ}} = -3 \text{ Kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει ότι η ορμή μειώνεται και επομένως η δύναμη ασκείται σε αντίθετη φορά από αυτή της κίνησης.

$$\blacksquare F = \frac{dp}{dt} = \frac{-3 \text{ Kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{0.01 \text{ sec}} = -300 \text{ N}$$

# Δυνάμεις κατά τη σύγκρουση

Παράδειγμα:

Αν στο προηγούμενο παράδειγμα ( $v_0=1\text{m/sec}$ ) το δοκάρι έχει ελαστική βάτα πάχους  $2\text{cm}$  ( $\Leftrightarrow$  ο χρόνος για την πλήρη επιβράδυνση του κεφαλιού είναι  $\Delta t = 0,04\text{sec}$ ). Ποια η τιμή της δύναμης που προκαλεί την επιβράδυνση κάτω από αυτές τις συνθήκες;

$$\blacksquare F = \frac{dp}{dt} = \frac{-3 \text{ Kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{0,04 \text{ sec}} = -75 \text{ N}$$

Πολύ μικρότερη από τη δύναμη του προηγούμενου προβλήματος ( $300 \text{ N}$ ).

# Δυνάμεις κατά τη σύγκρουση (πτώσεις)

Αν πηδήξεις από ύψος και προσγειωθείς χωρίς να λυγίσεις τα γόνατα, το σώμα επιβραδύνεται μέσω της συμπίεσης των πελμάτων.

## Παράδειγμα

Ταχύτητα σώματος πριν τη σύγκρουση: 4,5 m/sec (16 km/h)

Το σώμα σταματά σε 0,005 sec ( $\Leftrightarrow$  πέλμα συμπιέζεται κατά 1cm)

$$F = \frac{dp}{dt} = m \frac{4,5}{0,005} = 900m, B = mg = 9,8m \rightarrow \frac{F}{B} \approx 100$$

- Η δύναμη που ασκείται στα πόδια σου είναι  $\approx 100$  φορές το  $B$ .
- Αν προσγειωθείς σε στρώμα, ο χρόνος για να σταματήσεις είναι μεγαλύτερος και επομένως η δύναμη μικρότερη.

# Δυνάμεις κατά τη σύγκρουση (πτώσεις)

3.10

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Ένας άνθρωπος, μάζας 50 kg, πηδά από ύψος 1 m και η ταχύτητά του ακριβώς πριν προσγειωθεί είναι 4,4 m/sec. Θεώρησε ότι ο άνθρωπος προσγειώνεται πάνω σε ένα στρώμα και ότι σταματά σε χρόνο 0,2 sec. Ποια είναι η μέγιστη τιμή της επιβραδυντικής δύναμης που θα αισθανθεί;  
[Απάντηση:  $F_{\max} = 1100 \text{ N}$ ]

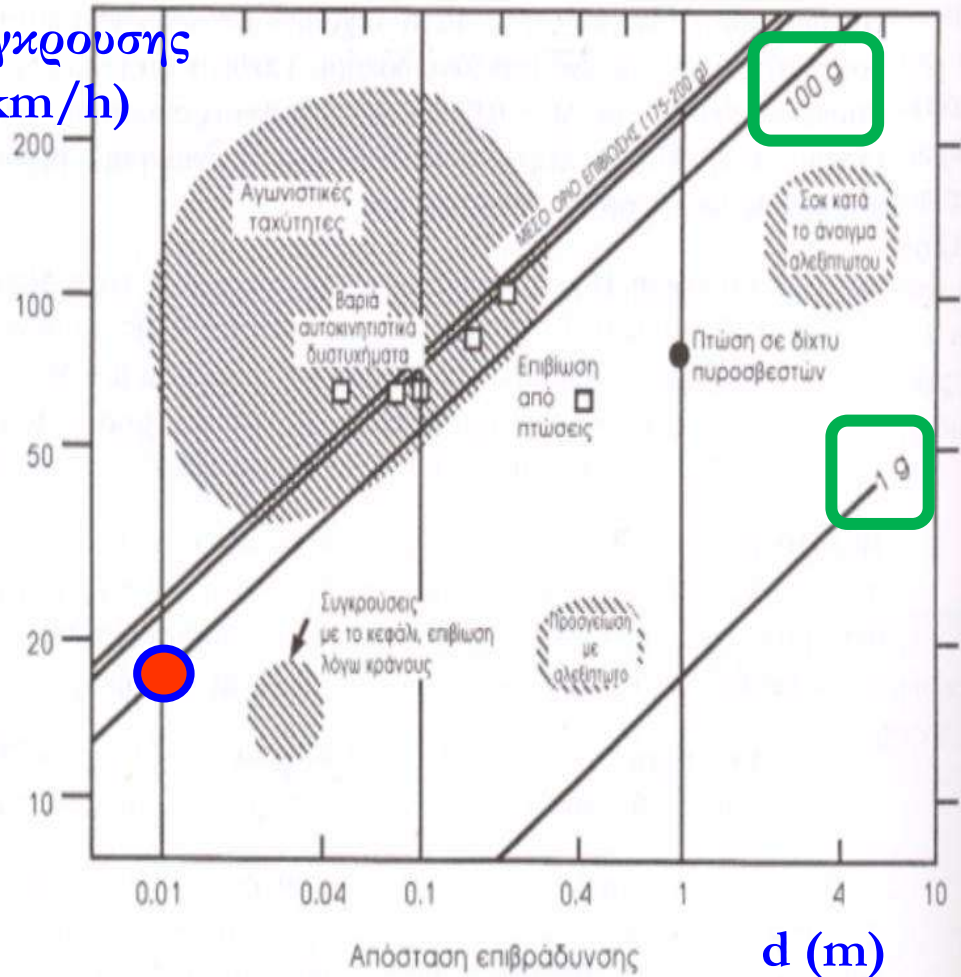
$$F = \frac{dp}{dt} = m \frac{dv}{dt} \dots$$

# Επιζώντες πτώσεων από μεγάλα ύψη

► Το αν θα επιζήσεις ή όχι αν πέσεις από πολύ μεγάλο ύψος εξαρτάται από το πως και που θα πέσεις και επομένως από την τιμή της επιβράδυνσης!

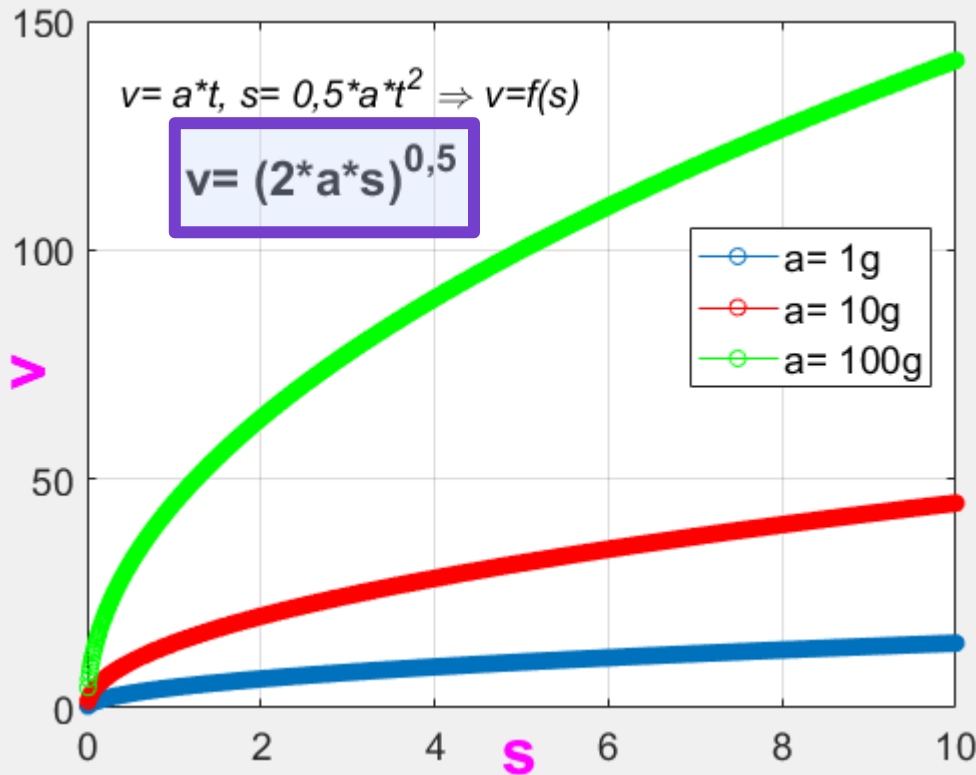
►  $k \times g$ : ισοδύναμη επιβράδυνση μέχρι να σταματήσεις, ή  $F = k \times Weight$  που σου ασκείται!

Νόγκρουντς  
(km/h)

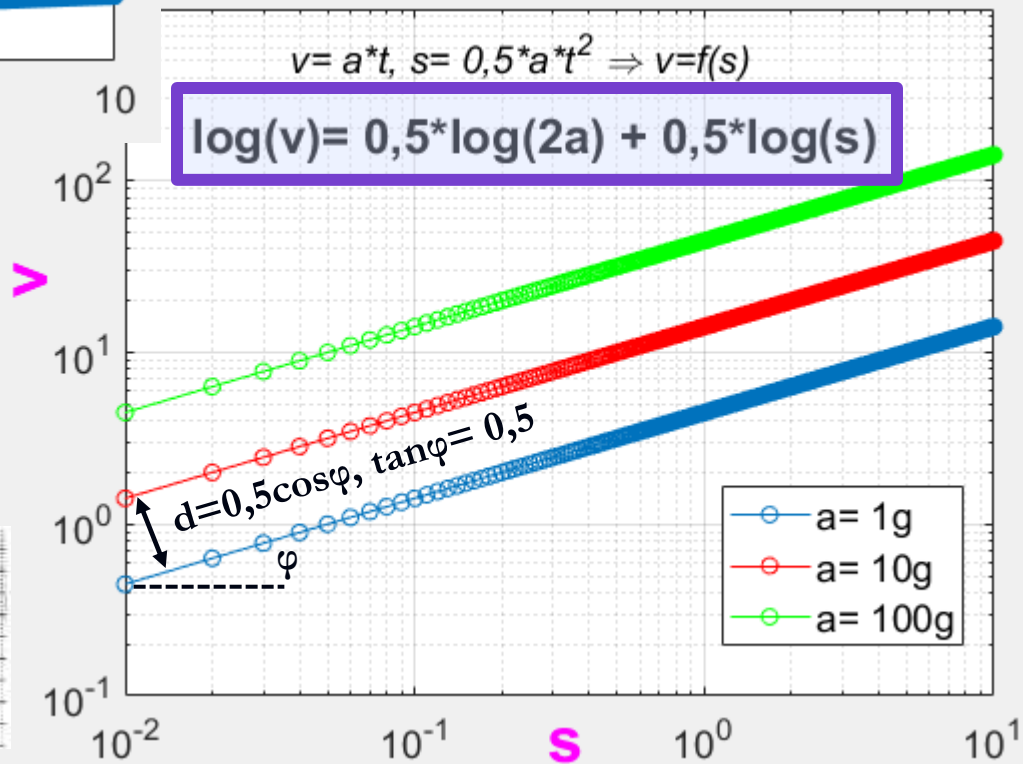


**Εικόνα 3.17.** Σε λογαριθμική κλίμακα (log-log) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα προσκρούσεων ατόμου συναρτήσει της ταχύτητας ακριβώς πριν από την πρόσκρουση, και της απόστασης επιβράδυνσης κατά τη σύγκρουση. Οι διαγώνιες γραμμές δείχνουν την επιβράδυνση σε μονάδες επιτάχυνσης της βαρύτητας g. (μάζα σώματος  $\times$  g = βάρος σώματος). Τα λευκά τετράγωνα αναπαριστούν δεδομένα από επιζώντες μετά από ελεύθερη πτώση. Οι σκιαγραφημένες περιοχές αναπαριστούν τις υπόλοιπες περιπτώσεις (εκτιμήσεις). (Από R. G. Snyder, *Bioastronautics Data Book*, Second ed., 1973, σελ. 228).



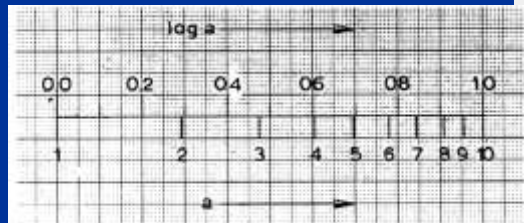


- $\log(v1) = 0,5 \cdot \log(2 \cdot s \cdot 1g) = 0,5 \cdot \log(2 \cdot 1g) + 0,5 \cdot \log(s) = c + b \cdot x$
- $\log(v2) = 0,5 \cdot \log(2 \cdot s \cdot 10g) = \log(v1) + 1 \cdot 0,5$
- $\log(v3) = 0,5 \cdot \log(2 \cdot s \cdot 100g) = \log(v1) + 2 \cdot 0,5$
- ...
- $\Delta(\log v)_{g:10^n \rightarrow 10^{n+1}} = 0.5$



*Κλίμακα log:* Σε μια γραμμική κλίμακα παίρνουμε τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές του **logα** και στις θέσεις αυτών σημειώνουμε τις αντίστοιχες τιμές του **α**.

$\alpha$	$\log \alpha$	$\alpha$	$\log \alpha$
1	0,000	6	0,779
2	0,301	7	0,846
3	0,478	8	0,904
4	0,603	9	0,955
5	0,699	10	1,000



# Gadd Severity Index

- Πειραματικές μελέτες έχουν οδηγήσει στην εξαγωγή ημιποσοτικών δεικτών που σχετίζονται με την πιθανότητα επιβίωσης από συγκρούσεις.
- Π.χ. ο δείκτης **GSI** (Gadd Severity Index), αντανακλά την πιθανότητα πρόκλησης εγκεφαλικής βλάβης σε μία μετωπιαία σύγκρουση:

$$\text{GSI} = \int \left( \frac{a_{\text{decel}}}{g} \right)^{2.5} dt,$$

- Η ολοκλήρωση γίνεται για τη συνολική διάρκεια της σύγκρουσης, η επιβράδυνση εκφράζεται σε  $g$ , ο χρόνος σε  $sec$ .
- Εάν η επιβράδυνση είναι σταθερή, τότε για  $a = \Delta u / t_{\text{coll}}$ :

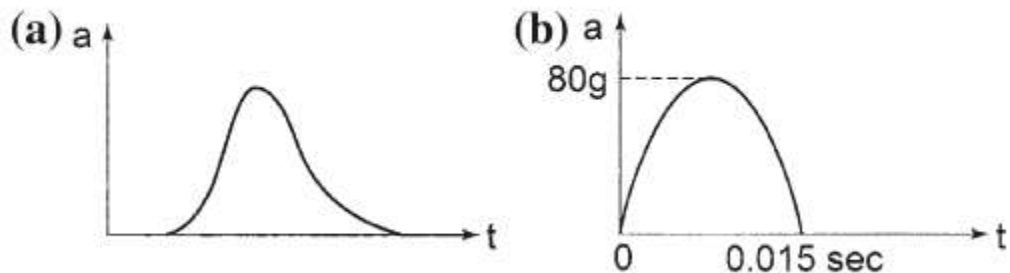
$$\text{GSI} = \left( \frac{\Delta v}{gt_{\text{coll}}} \right)^{2.5} t_{\text{coll}}.$$

# Gadd Severity Index

- Υπολογίζοντας την τιμή του GSI σε μία σύγκρουση, με τη βοήθεια πινάκων συσχέτισης μπορούμε να βρούμε την πιθανότητα κατάγματος, κάκωσης, ή εγκεφαλικής βλάβης.
- Παράδειγμα, για  $GSI \approx 1000s$  υπάρχει 50% πιθανότητα θανάσιμου τραυματισμού, ενώ για αρκετά μεγαλύτερες τιμές ο θάνατος είναι σχεδόν αναπόφευκτος.
- Για τιμές  $GSI \approx 400s$ , υπάρχει σοβαρή πιθανότητα εγκεφαλικής διάσεισης.

$$GSI = \int \left( \frac{a_{\text{decel}}}{g} \right)^{2.5} dt,$$

Fig. 3.62 Acceleration versus time in a collision, a in general, b of the head of a dummy hit by a heavyweight boxer (from [13])



## 2. Case

A 3-month old baby was taken to hospital with injuries to the head and body from which she unfortunately died a few days later. The father was arrested on suspicion of intentionally causing the injuries, which he vigorously denied. The injuries that caused most concern were those involving fractures to the base and vault of the skull. The father stated that these injuries originated from a game which involved throwing the child up in the air to a height of about 5–6 ft whilst he was sitting in a chair. He maintained that he accidentally fell back in the chair and failed to catch the child which resulted in the child landing on its back and head onto a carpeted floor.

A prosecution expert witness stated that the degree of force to cause the injuries was not compatible with the father's version of events. Expert witnesses for the defence contested the views of the prosecution by demonstrating that fatalities do occur for children falling from heights less than 5–6 ft. The Gadd severity index was introduced by the prosecution in order to help prove that the scenario described by the defendant was insufficient to produce enough force to cause the injuries seen. The following calculations demonstrate the care needed in using the Gadd index.

## 2. Case

A 3-month old baby was taken to hospital with injuries to the head and body from which she unfortunately died a few days later. The father was arrested on suspicion of intentionally causing the injuries, which he vigorously denied. The injuries that caused most concern were those involving fractures to the base and vault of the skull. The father stated that these injuries originated from a game which involved throwing the child up in the air to a height of about 5–6 ft whilst he was sitting in a chair. He maintained that he accidentally fell back in the chair and failed to catch the child which resulted in the child landing on its back and head onto a carpeted floor.

A prosecution expert witness stated that the degree of force to cause the injuries was not compatible with the father's version of events. Expert witnesses for the defence contested the views of the prosecution by demonstrating that fatalities do occur for children falling from heights less than 5–6 ft. The Gadd severity index was introduced by the prosecution in order to help prove that the scenario described by the defendant was insufficient to produce enough force to cause the injuries seen. The following calculations demonstrate the care needed in using the Gadd index.

Therefore, for these particular conditions the Gadd severity index ( $I$ ) is:

$$I = d^n t = 126^n 0.0048$$

During the trial the value for  $n$  was suggested by the prosecution to be 2.4, therefore, using this value the index was calculated to be:

$$I = 527$$

This value falls well below the 1000 threshold suggested by Gadd for fatal head injuries. However, let us now reconsider a few assumptions incorporated into the previous calculation.

# Επιδράσεις της επιτάχυνσης

---



# Επίδραση της επιτάχυνσης στον άνθρωπο

Αν η επιτάχυνση είναι μεγάλη  $\Rightarrow$  Το σώμα χάνει τον έλεγχο γιατί οι μύες δεν του παρέχουν την κατάλληλη δύναμη για να αντισταθμίσει τις μεγάλες δυνάμεις της επιτάχυνσης.

- Αν το σώμα είναι σε όρθια στάση και επιταχυνθεί προς τα πάνω το αίμα συσσωρεύεται στα κάτω άκρα  $\Rightarrow$  Απουσία ροής στον εγκέφαλο  $\Rightarrow$  Λιποθυμία.
- Για μεγάλες επιταχύνσεις  $\Rightarrow$  Παραμόρφωση ιστού....ρήξη αν οι δυνάμεις είναι πολύ μεγάλες.
- Σε αυτοκινητιστικά η αορτή μπορεί να υποστεί ρήξη και να αποκολληθεί.

# Επίδραση της επιτάχυνσης στον άνθρωπο

## Επιδράσεις της επιτάχυνσης στο σώμα:

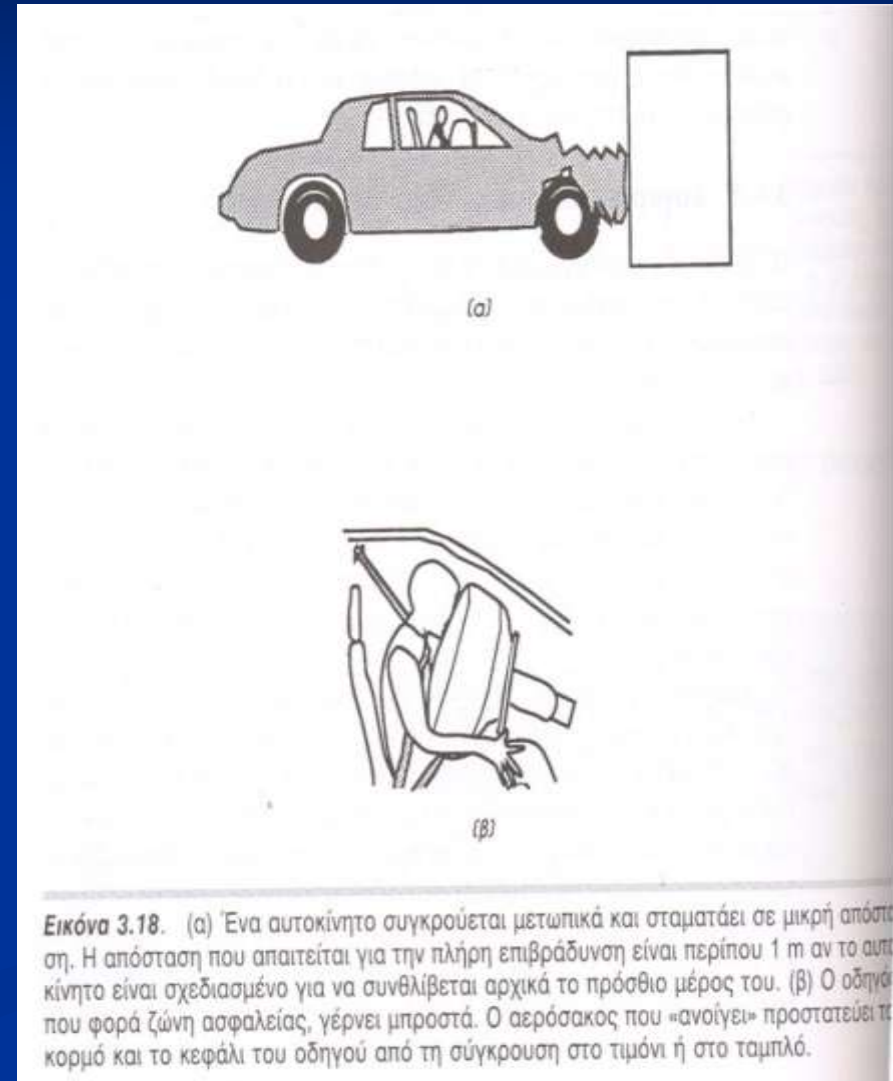
- Φαινομενική αύξηση ή μείωση του βάρους του σώματος.
- Αλλαγή της εσωτερικής υδροστατικής πίεσης.
- Παραμόρφωση των ελαστικών ιστών του σώματος.
- Διαφορετικής πυκνότητας εναιωρήματα παρουσιάζουν την τάση να διαχωριστούν στα συστατικά τους.

# Συγκρούσεις που συνδέονται με οχήματα

---

# Συγκρούσεις που συνδέονται με οχήματα

- Το αυτοκίνητο είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να συνθλίβεται σε διάφορα μέρη επιμηκύνοντας έτσι την απόσταση της κίνησης ή το χρόνο.
- Πρόσθετα συστήματα ασφαλείας
  - Υποστηρίγματα κεφαλιού
  - Ζώνες τριών σημείων
  - Τιμόνια που απορροφούν ενέργεια
  - Πλευριές μπάρες ασφαλείας



# Συγκρούσεις που συνδέονται με οχήματα

3.11

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Εκτίμησε τη δύναμη που ασκείται στο μέτωπο του οδηγού (βλέπε Εικόνα 3.18) αν η μάζα του κεφαλιού του είναι 3 Kg, η ταχύτητά του είναι 15 m/sec. Υπέθεσε ότι αντί για τον αερόσακο, χρησιμοποιείται μαξιλάρι πάνω στο οποίο σταματάει το κεφάλι του οδηγού σε χρόνο 0,02 sec. [Απάντηση:  $F_{\max} = 2,3 \times 10^3$  N]

$$F = \frac{dp}{dt} = m \frac{dv}{dt} \dots$$

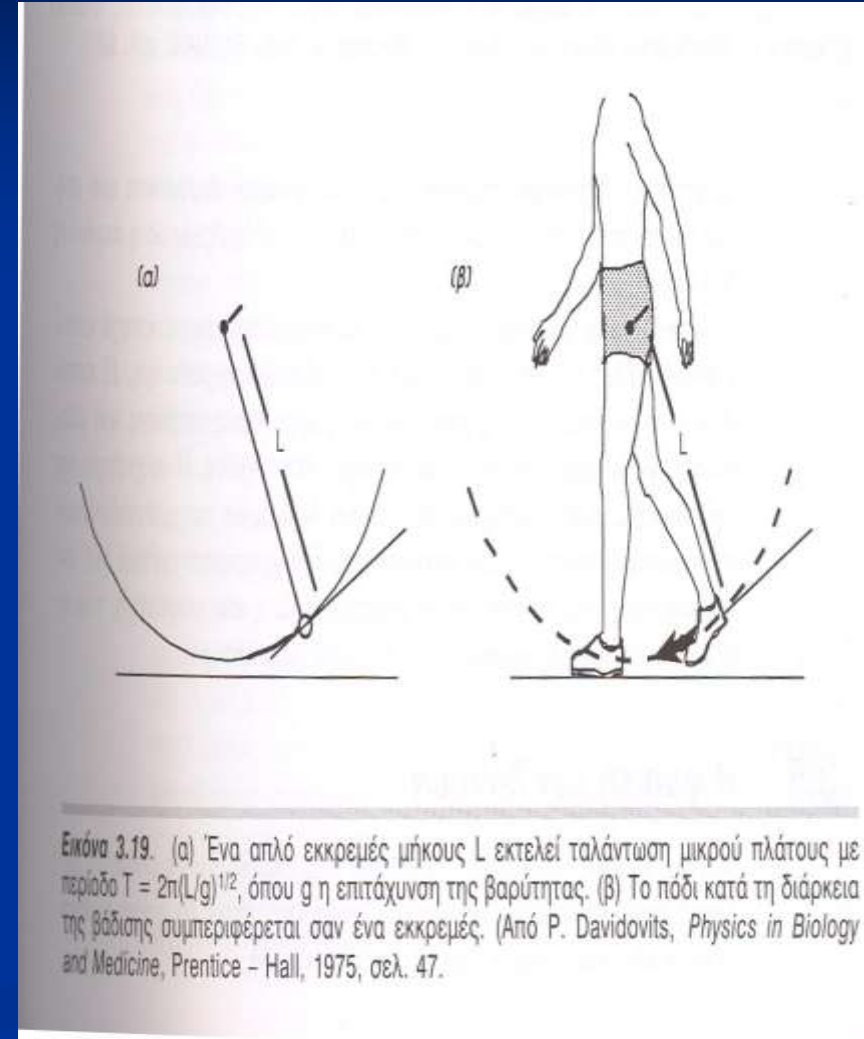
# Ταλάντωση

---



# Ταλάντωση

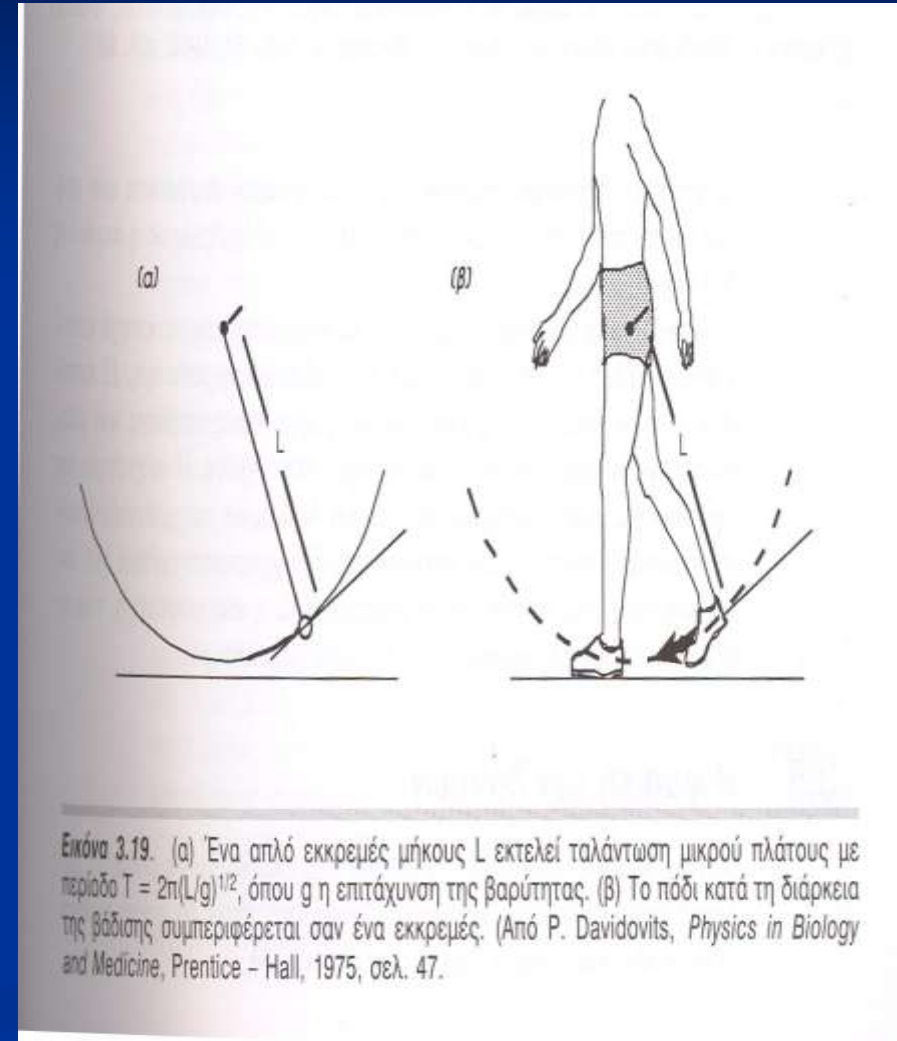
- Κατά τη βόδιση τα πόδια και τα χέρια εκτελούν επαναλαμβανόμενη κίνηση σαν του εκκρεμούς.
- Το πόδι διαφέρει από το εκκρεμές στο ότι η μάζα του ποδιού κατανέμεται ανομοιογενώς ενώ στο εκκρεμές συγκεντρώνεται σε ένα σημείο.
- Ενεργό μήκος ποδιού  $L_{eff}$ : Το μήκος εκκρεμούς που έχει την ίδια περίοδο ταλάντωσης με το πόδι.
  - Προσδιορίζεται: φτιάχνοντας πρότυπο πόδι και συγκρίνοντας την περίοδο ταλάντωσης με αυτήν ενός εκκρεμούς, του οποίου προσαρμόζουμε το μήκος.



# Ταλάντωση

- **Περίοδος εκκρεμούς:**  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
- Για ένα τυπικό πόδι ατόμου ύψους  $H = 2\text{m}$ , το  $L_{\text{eff}} = 0.2\text{m} \Rightarrow T = 0.9\text{sec}$ .
- Στον άνθρωπο 1 βήμα αντιστοιχεί σε μισή περίοδο:  $t = T/2 = 0.45\text{sec}$
- Αν σε κάθε βήμα καλύπτει απόσταση  $0.9\text{m}$  (σε  $0.45\text{sec}$ ), η ταχύτητα με την οποία βαδίζουμε είναι:

$$v = \frac{0.9\text{m}}{0.45\text{sec}} = 2 \text{ m/sec}$$
$$= 7.2 \text{ km/h}$$



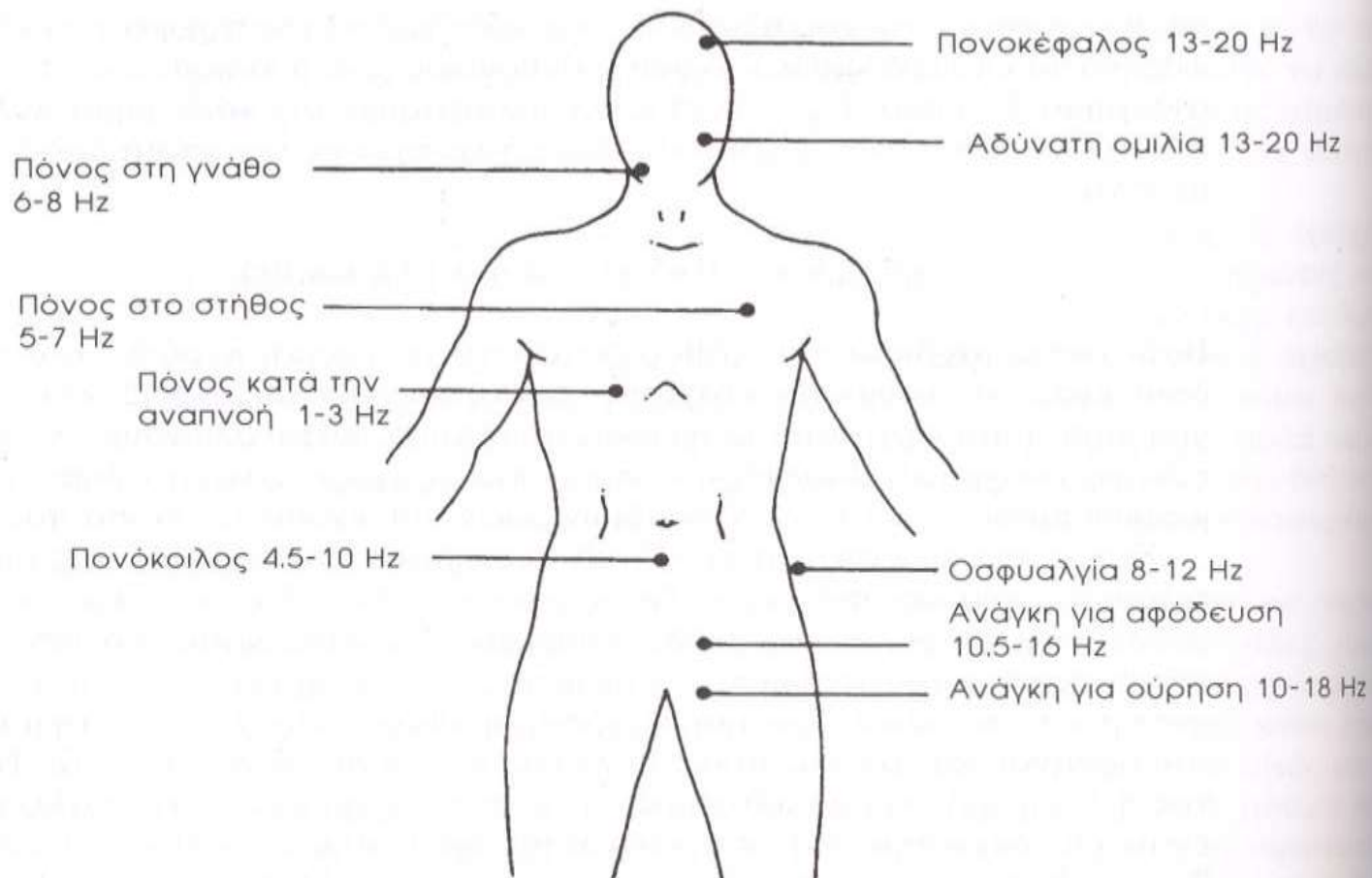
# Ταλάντωση

- Βαδίζοντας με ρυθμό που καθορίζεται από τη φυσική περίοδο του ποδιού καταναλώνουμε ελάχιστη ποσότητα ενέργειας.
  - Βαδίζοντας πιο γρήγορα ή πιο αργά από το φυσιολογικό βήμα καταναλώνουμε περισσότερη ενέργεια!
- 

- Τα κύρια όργανα του σώματος δεν είναι σταθερά. Συνδέονται με ελαστικούς δεσμούς με το σκελετό.
- Επίσης, χαρακτηρίζονται από μία φυσική συχνότητα συντονισμού → εξαρτάται από τη μάζα οργάνου και ελαστικές δυνάμεις που δρουν σε αυτό.
- Πόνος ή δυσφορία προικαλείται όταν ένα όργανο πάλλεται με συχνότητα ίση με τη συχνότητα συντονισμού του.



# Ταλάντωση



**Εικόνα 3.20.** Συμπτώματα πόνου σε άτομα που υπόκεινται σε ταλαντώσεις συχνότητας από 1 μέχρι 20 Hz. (Από E. B. Magid, R. R. Coermann, and G. H. Ziergenruecker, "Human Tolerance to Whole Body Sinusoidal Vibration", *Aerospace Med.*, 31, 1960, σελ. 921).

# Φυσική των δοντιών

---

# Φυσιική των δοντιών

## ■ Τομείς & κυνόδοντες:

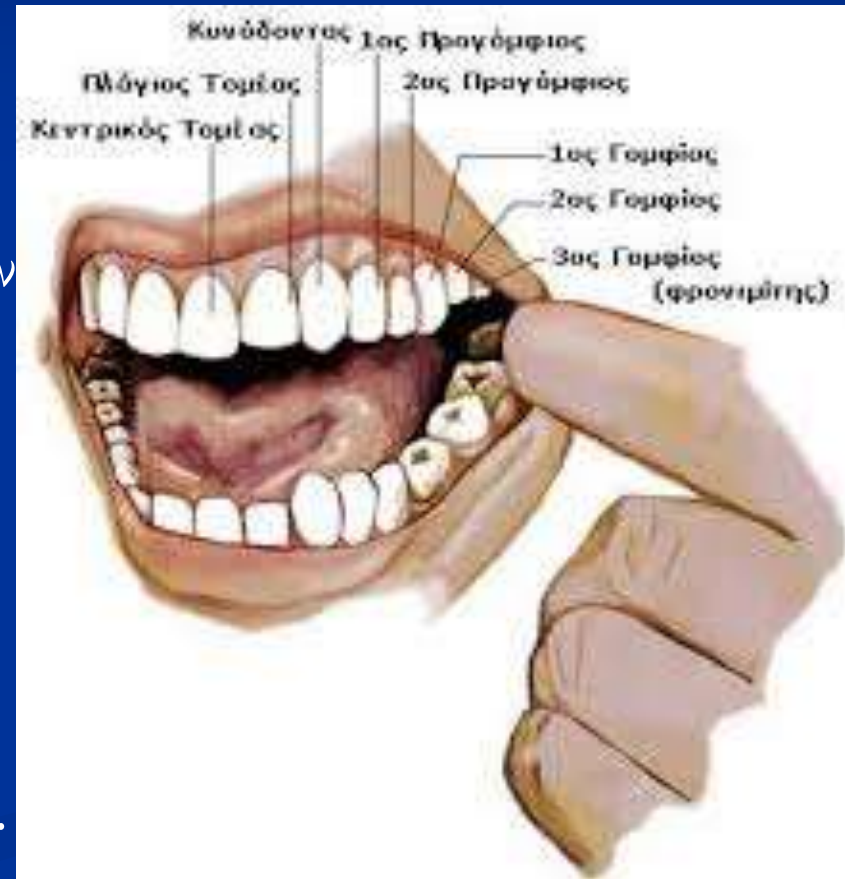
Έχουν άκρα κατάλληλα για την κοπή και τον τεμαχισμό των τροφών.

## ■ Προγόμφιοι, γομφίοι:

Για τη μάσηση και το άλεσμα των τροφών που γίνεται στην επιφάνεια των δοντιών (επιφάνεια σύγκλισης).

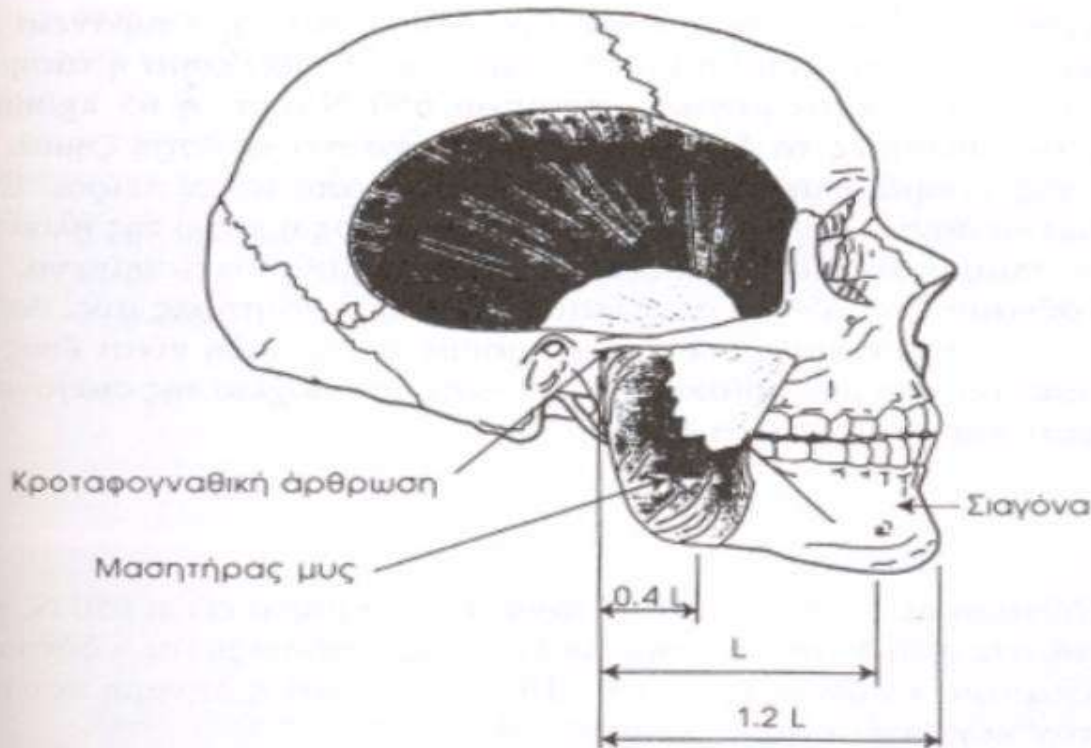
- Η κάτω γνάθος κινείται γύρω από την κροταφογναθική άρθρωση.
- Ο μασητήρας μυς παρέχει τη δύναμη για τη δήξη (δάγκωμα) και τη μάσηση.

Ενήλικας: 32 δόντια





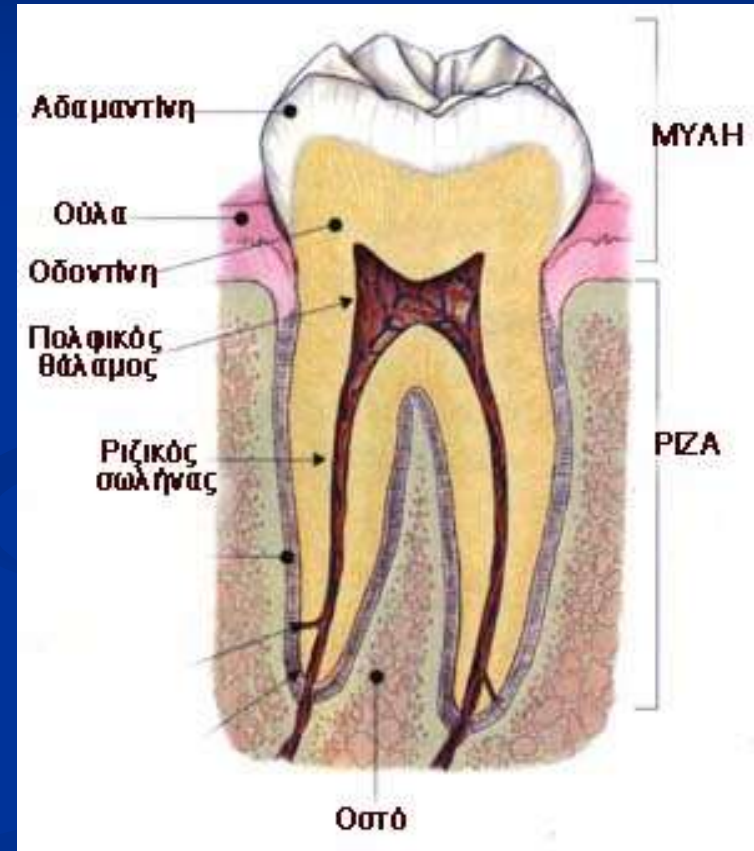
# Φυσική των δοντιών



Εικόνα 3.22. Σχηματική παράσταση κρανίου ενήλικου. Διακρίνονται κάποια από τα δόντια και ο μασητήρας μυς που δραστηριοποιείται για το κλείσιμο της κάτω γνάθου και τη μάσηση. Οι διαστάσεις δίνονται σε μονάδες  $L$ , που είναι η απόσταση μεταξύ του πρώτου προγομφίου και της κροταφογναθικής άρθρωσης.  $0,4L$  είναι η μέση απόσταση του μασητήρα από την κροταφογναθική άρθρωση και  $1,2L$  είναι η απόσταση του κεντρικού τομέα (κοπήρα) από την άρθρωση. Η τιμή του  $L$  είναι συνήθως  $6,5$  cm περίπου για τις γυναίκες και  $8$  cm για τους άνδρες. (εικόνα τροποποιημένη από τον Ken Ford, πρωτότυπη εικόνα Copyright © 1994, TechPool Studios Corp. USA).

# Φυσιική των δοντιών

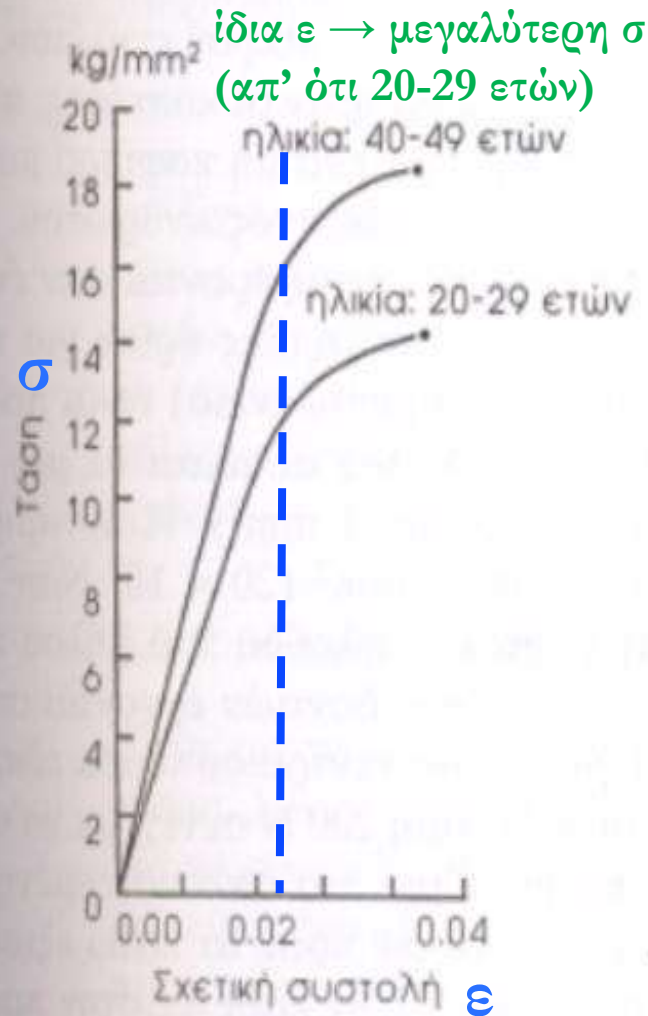
- **Στεφάνη ή Μύλη:** Η εξωτερική επιφάνεια του δοντιού και το μόνο ορατό τμήμα του.
- **Ρίζα(-ες):** το τμήμα κάτω από την Στεφάνη.
- Το δόντι καλύπτεται από την **αδαμαντίνη**, **σκληρός ιστός**, καλύπτει το μέρος του δοντιού που βρίσκεται στο στόμα, έρχεται σε επαφή με τροφές.
- **Οδοντίνη:** λιγότερο **σκληρός ιστός**, βρίσκεται κάτω από την αδαμαντίνη.
- **Ριζικός σωλήνας:** χώρος μέσα στη οδοντίνη που περικλείει τα νεύρα και τα αγγεία του δοντιού.



*Δυνάμεις/παραμόρφωση  
(οδοντίνη)*



# Δυνάμεις στα δόντια

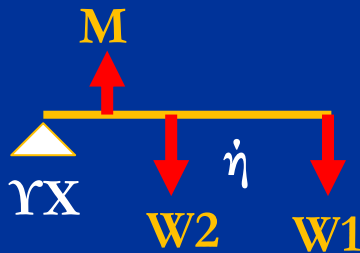


Νόμος Hooke για 'γραμμικό τμήμα καμπύλης':  $\sigma = E \times \epsilon$   
 $\sigma$ : Τάση,  $\epsilon$ : παραμόρφωση,  $E$ : Yung (αντίσταση που προβάλλει το υλικό σε ελαστική παραμόρφωση)

**Εικόνα 3.23.** Η καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης για την οδοντίνη των προγομφίων σε ηλικίους για δυο διαφορετικές ηλικιακές περιόδους. Η σταθερά του Young αρχικά αυξάνει με την ηλικία αλλά από κάποιο σημείο και μετά μειώνεται ελάχιστα. Η σταθερά του Young για την αδαμαντίνη είναι περίπου πέντε φορές μεγαλύτερη από αυτή της οδοντίνης. Παρατήρησε ότι η κλίμακα της τάσης είναι 10 φορές μεγαλύτερη, όταν δίνεται σε μονάδες N/mm<sup>2</sup>. [Από Η. Yamada, *Strength of Biological Materials*, F. H. Evans (ed.), Baltimore, Williams and Wilkins, 1970, σελ. 150, με άδεια.]

# Δυνάμεις στα δόντια

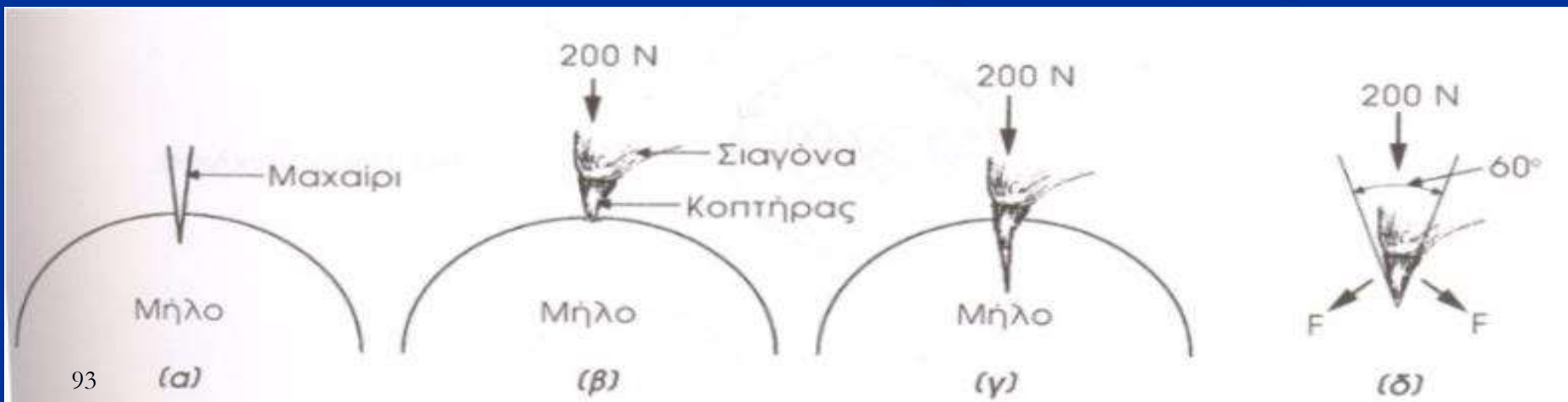
- Οι **γομφίοι** χρησιμοποιούνται για το άλεσμα των τροφών έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια σύγκλισης από αυτή των τομέων.
- Οι **τομείς** (κοπτήρες) χρησιμεύουν ως μαχαίρια κατά τη διαδικασία της δήξης.
- Αν η δύναμη των **μασητήρων** ασκούνταν μόνο στους κοπτήρες ( $W1$ ), και όχι στους γομφίους ( $W2$ ), η τελική δύναμη θα ήταν 20% μικρότερη.



Μοχλός 3<sup>ης</sup> τάξης:  $\Sigma\tau=0 \dots [d_{\text{κοπτήρων}} > d_{\text{γομφίων}} (d \text{ από } YX)]$ .

# Δυνάμεις στα δόντια

- Όταν δαγιώνεις ένα μήλο τα δόντια συμπεριφέρονται σαν μαχαίρι.
- Όταν ο κεντρικός τομέας έρθει σε επαφή με το μήλο η τάση είναι πολύ μεγάλη λόγω της δύναμης που ασκείται σε μικρή επιφάνεια στην άκρη του κοπτήρα ( $200\text{Nt σε } 1\text{mm}^2$ ).
- Η δύναμη αυτή προκαλεί τάση ικανή για να κόψει το μήλο.
- Όταν η φλούδα κοπεί, η πρόσθια & οπίσθια πλευρά των δοντιών έρχεται σε επαφή με το εσωτερικό του μήλου.

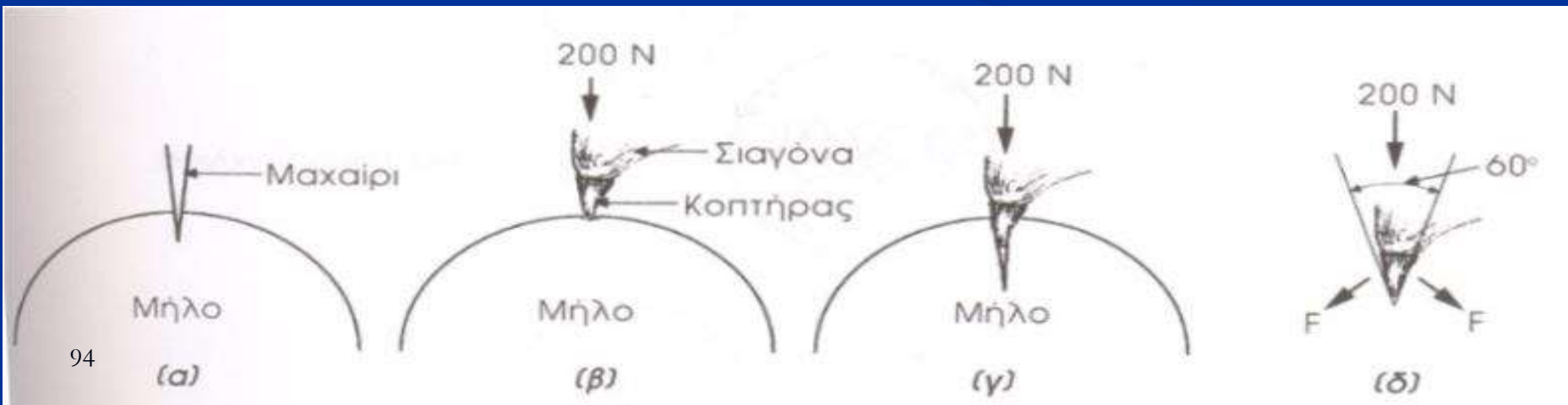




# Δυνάμεις στα δόντια

- Η γωνία του τομέα είναι  $60^\circ$ . Η δύναμη συνεχίζει να ασκείται από τη γνάθο στον κεντρικό τομέα.
- Η δύναμη που ασκείται με φορά προς τα κάτω εξισορροπείται από τις δύο συνιστώσες  $F_1$  που είναι κάθετες στην πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια των κοπτήρων.  
 $F_1 = F_2, \varphi = \angle(F_1, F_2) = 120^\circ$
- Οι δυνάμεις αυτές είναι ικανές να αποκόψουν το κομμάτι μήλου.
- **Ασκ.:** Υπολόγισε τις δυνάμεις που ασκούνται κάθετα στις 2 επιφάνειες:

$$\|F_{o\lambda}\| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos(\varphi)}, \tan\theta = \tan(\angle F_1, F_{o\lambda}) = \frac{F_2\sin(\varphi)}{F_1 + F_2\cos(\varphi)}$$





# Απλές εφαρμογές στην ορθοδοντική

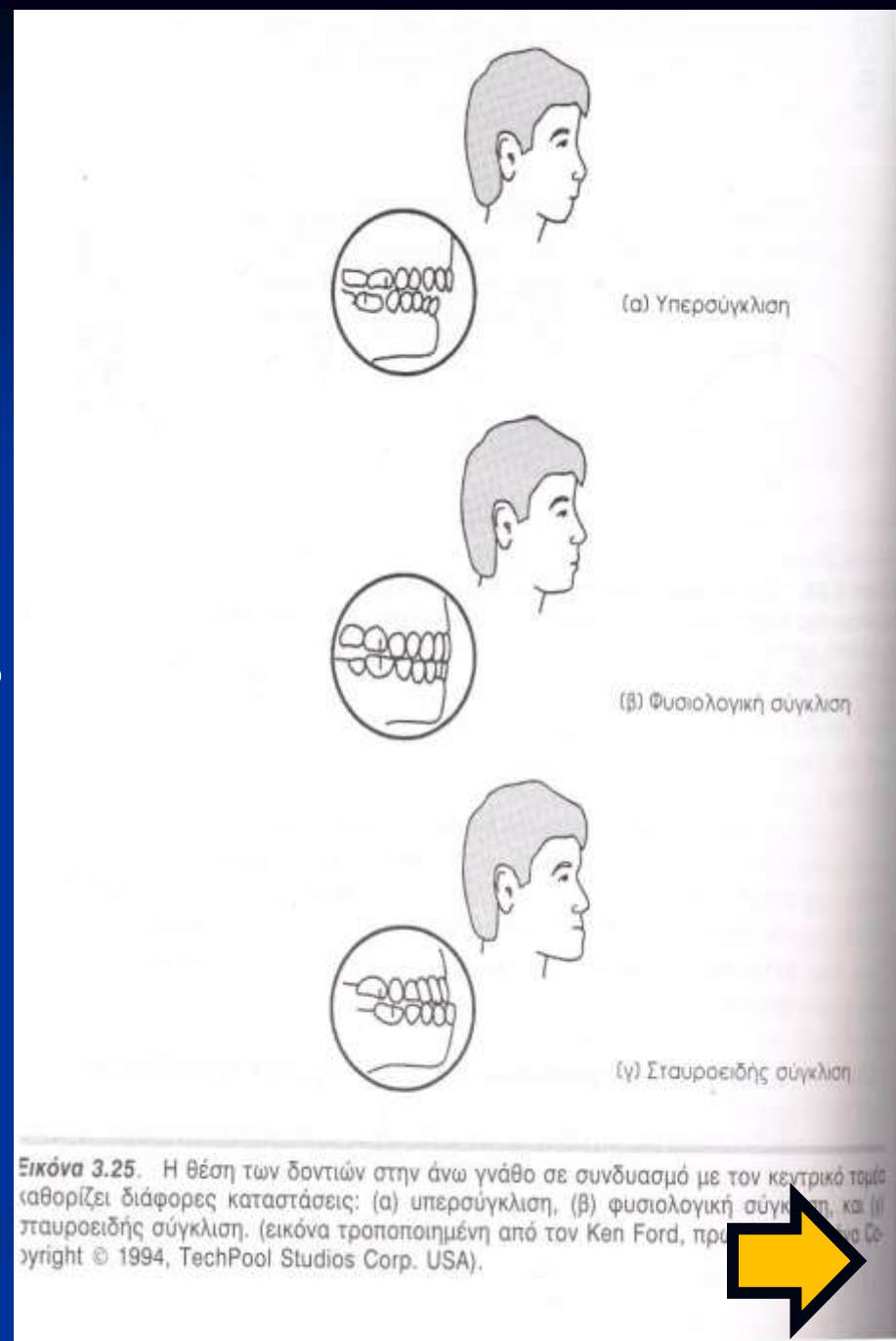
---

# Απλές εφαρμογές στην ορθοδοντική

Πολλά παιδιά έχουν τη συνήθεια να βάζουν τον **αντίχειρα στο στόμα**.

Αν η συνήθεια αυτή είναι υπερβολική μπορεί να προκληθεί:

- **Μετακίνηση** των πρόσθιων δοντιών προς τα **εμπρός**.
- **Καθυστέρηση** της προς τα εμπρός ανάπτυξης της **κάτω γνάθου**.
- **Αλλαγή** στο σχήμα του προσώπου.
- Συνήθως οι δύο κεντρικοί κοπτήρες ωθούνται προς τα έξω προκαλώντας **υπερσύγκλιση**.



# Απλές εφαρμογές στην ορθοδοντική

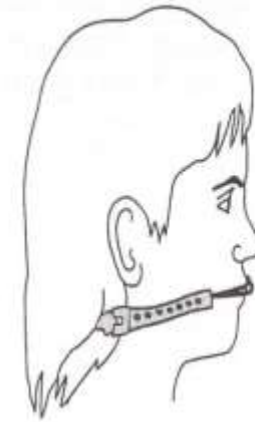
Πώς είναι δυνατό να επαναφέρουμε τα δόντια στην αρχική τους θέση;

(α) Τοποθετείται στα δόντια μηχανική συνδεσμολογία. Η απαιτούμενη δύναμη εξασκείται από εξωτερικό εξάρτημα.

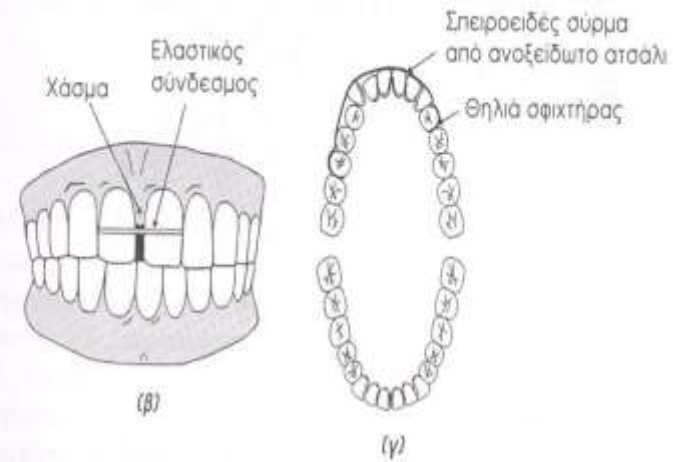
(β) Για την εξάλειψη της απόστασης μεταξύ των δοντιών τοποθετείται ελαστικός σύνδεσμος.

(γ) Μετακίνηση δοντιού με ελατηριοειδές ανοξείδωτο σύρμα.

■ Δύναμη  $\approx 1\text{Nt}$  (μικρή).



(α)



(β)

(γ)

Εικόνα 3.26. (α) Μερικές φορές στην ορθοδοντική τα δόντια μετακινούνται με τη βοήθεια ενός εξωτερικού εξαρτήματος που εφαρμόζεται στο κεφάλι και το οποίο ασκεί δύναμη στα δόντια. (β) Για δόντια που παρουσιάζουν χάσμα μεταξύ τους, η δύναμη που ασκείται από ένα ελαστικό σύνδεσμο είναι ικανή για να κλείσει το χάσμα. (γ) Μια απλή διάταξη στήριξης (σπειροειδές σύρμα από ανοξείδωτο ασάλλι) χρησιμοποιείται για να ασκεί δύναμη 1-2 N σε έναν κυνόδοντα που πρέπει να μετακινηθεί σε σωστότερη θέση στην άνω σιαγόνα. (εικόνα τροποποιημένη από τον Ken Ford, πρωτότυπη εικόνα Copyright © 1994, TechPool Studios Corp. USA).

# Απλές εφαρμογές στην ορθοδοντική

Βάση της εικόνας προσδιόρισε τη φορά των δυνάμεων που ασκούνται και περιέγραψε τις επιθυμητές αλλαγές στα δόντια.

Λαστιχάκια που τραβούν τη γνάθο προς τα πάνω

Συσπειρωμένο ελατήριο που σπρώχνει το στραβό γουφίο προς τα πίσω

Ελατήριο στρέψης του πλάγιου τομέα προς τα κάτω

Δακτύλιοι Σιδεράκια ή αγκυλία Συρματινό τόξο

Λαστιχάκι που τραβά τον προγούφιο προς τα πάνω

Λαστιχάκι επαναφοράς για στραμμένο πλάγιο τομέα

(α)

Προστομιαίο συρματινό τόξο

Συγκρατητικό τμήμα κινητού ορθοδοντικού μηχανισμού τύπου Clasp Loop

Ελατήρια πρόσαρμοσμένα στη βασική πλάκα

Τμήματα βαδίκης πλάκας απομακρυνόμενα κατά τη διεύρυνση

Συγκρατητικό τμήμα κινητού ορθοδοντικού μηχανισμού τύπου Clasp

(β)

Βίδα διεύρυνσης (ΕΞεδικτρα)

Απομάκρυνση μεταξύ των 2 οστικών πετάλων της υπερώας

Εικόνα 3.27. Δύο ορθοδοντικές διατάξεις. (α) Μια ακραία περίπτωση σταθερού εξαρτήματος που χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση και τον έλεγχο των δοντιών της άνω και κάτω γνάθου (η αριστερά πλευρά δεν απεικονίζεται). (β) ρυθμιζόμενη κινητή εφαρμογή που χρησιμοποιείται για τη διεύρυνση της άνω γνάθου, ενώ παράλληλα ευθυγραμμίζει τα πρόσθια δόντια. Η διάταξη αυτή τροποποιημένη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επέκταση του μεγέθους της γνάθου. (Από S. Garfield, *Teeth, Teeth, Teeth*, New York, Simon & Scuster, 1969, σελ. 217).

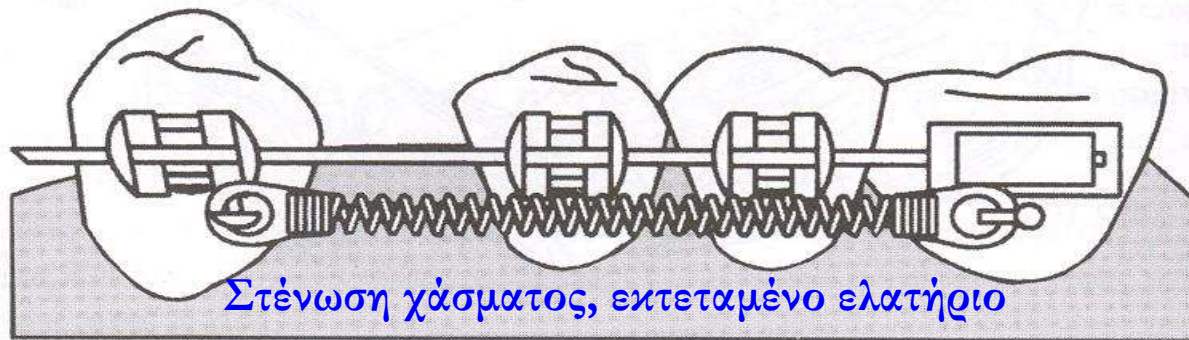
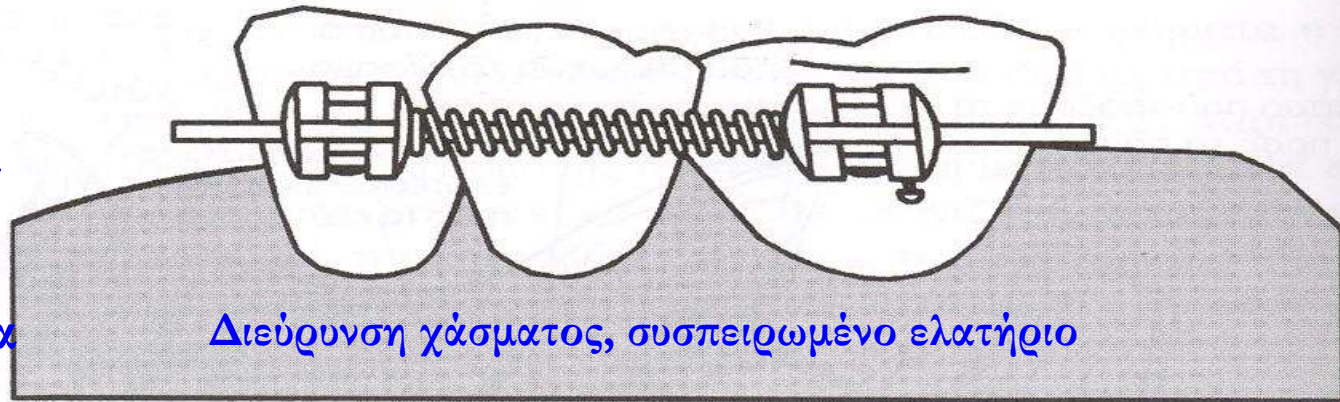


## 2 παραδείγματα μετακίνησης δοντιών

►  $F \approx 1Nt$ , και ελαττώνεται καθώς το δόντι μετακινείται.

► Τα ελατήρια συνδέονται με άγκιστρα.

► Το σύρμα γλιστράει μέσα στην αύλακα (στο ένα άγκιστρο: σύρμα σταθερό).



**Εικόνα 3.28.** (α) Συσπειρωμένο ελατήριο σε διάταξη που χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση ενός λανθασμένα στοιχισμένου δοντιού, σε κατάλληλη θέση. (β) Ένα εκτεταμένο ελατήριο παρέχει την απαιτούμενη δύναμη για τη μετακίνηση του δοντιού και την εξάλειψη του χάσματος.