

**Τμήμα Φυσικοθεραπείας  
ΤΕΙ Αθήνας**

**ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ**

**Στατικές Δυνάμεις**

# Δυνάμεις: ορισμός

- Δύναμη είναι η αιτία που μπορεί να παραμορφώσει ένα σώμα ή να αλλάξει την κινητική του κατάσταση
- Όταν σε ένα σώμα δρουν δυνάμεις είναι δυνατόν:



να παραμένει ακίνητο



**ΣΤΑΤΙΚΗ**

μελετά την ισορροπία των σωμάτων παρουσία δυνάμεων



να αλλάξει ταχύτητα ή/και διεύθυνση κίνησης



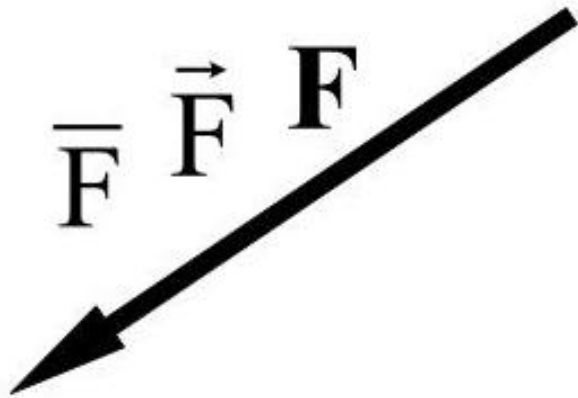
**ΔΥΝΑΜΙΚΗ**

μελετά τη συμπεριφορά των σωμάτων εκτός ισορροπίας

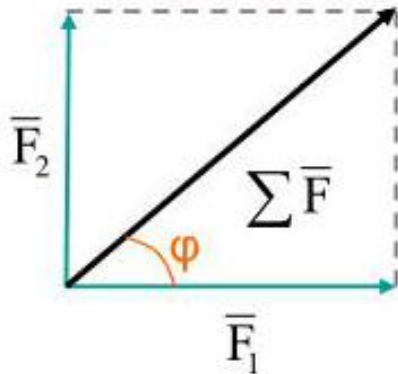
# Η δύναμη ως φυσικό μέγεθος

Η δύναμη είναι μέγεθος διανυσματικό

- μέτρο (μονάδα μέτρησης = 1N)
- διεύθυνση
- φορά (κατεύθυνση)



## Σύνθεση δυνάμεων (κάθετες)



- Μέτρο της συνισταμένης

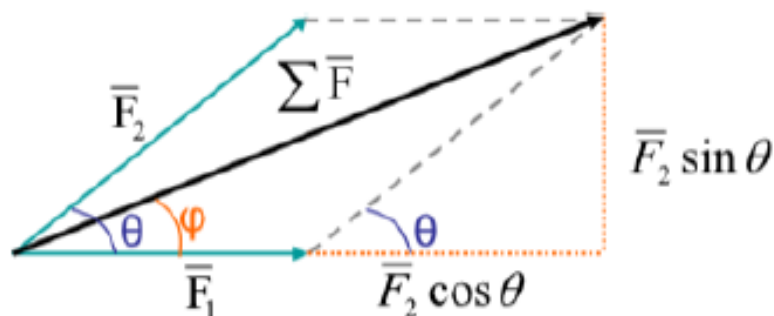
$$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

- Διεύθυνση της συνισταμένης

$$\tan \varphi = \frac{F_2}{F_1}$$

# Η δύναμη ως φυσικό μέγεθος

## Σύνθεση δυνάμεων (γενική περίπτωση)



- Μέτρο της συνισταμένης

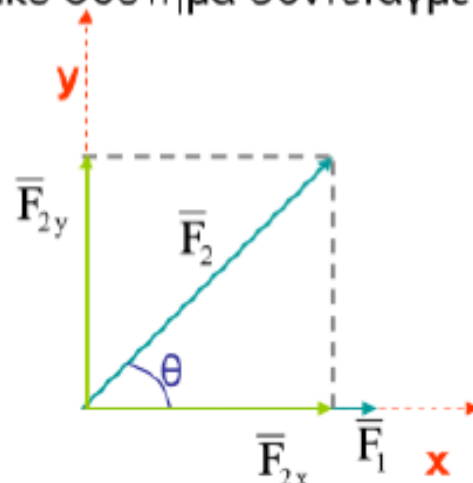
$$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$$

- Διεύθυνση της συνισταμένης

$$\tan \varphi = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$$

Πιο απλά...

Ανάλυση & (επανα)σύνθεση σε βολικό σύστημα συντεταγμένων



- Μέτρο  $\rightarrow \Sigma F = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} = \sqrt{(F_1 + F_2 \cos \theta)^2 + (F_2 \sin \theta)^2}$

- Διεύθυνση  $\rightarrow \tan \varphi = \frac{F_y}{F_x} = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$

## ΡΟΠΗ ΔΥΝΑΜΗΣ

- Αν ασκηθεί μια δύναμη σε ένα σώμα που **έχει τη δυνατότητα να στρέφεται γύρω από σταθερό άξονα**, το σώμα περιστρέφεται εκτός αν ο φορέας της δύναμης περνάει από τον άξονα περιστροφής.
- Από την εμπειρία είναι γνωστό ότι η **περιστροφή** που προκαλεί μια δύναμη **εξαρτάται όχι μόνο από την κατεύθυνση και το μέγεθος της δύναμης αλλά και από το σημείο στο οποίο ασκείται η δύναμη** (π.χ. για να κλείσουμε μια πόρτα τη σπρώχνουμε κοντά στο πόμολο και όχι κοντά στον άξονα περιστροφής της (μεντεσέδες), γιατί ακόμα και μικρή δύναμη μπορεί να προκαλέσει στροφή της πόρτας όταν εφαρμόζεται μακριά από τον άξονα περιστροφής.
- Το μέγεθος το οποίο περιγράφει την ικανότητα μιας δύναμης να στρέφει ένα σώμα ονομάζεται **ροπή της δύναμης** και συμβολίζεται με το ελληνικό  $\tau$  (πολύ συχνά χρησιμοποιούνται και τα σύμβολα **M** και **L**).

## Ροπή δύναμης ως προς άξονα

- Ροπή της δύναμης  $F$ , ως προς τον άξονα περιστροφής ονομάζεται το διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο ίσο με το γινόμενο του μέτρου της δύναμης επί την κάθετη απόσταση  $l$  της δύναμης από τον άξονα περιστροφής (μοχλοβραχίονας).

$$\tau = F \cdot l$$

Η ροπή έχει τη διεύθυνση του άξονα περιστροφής και η φορά της δίνεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού. Μονάδα ροπής είναι το 1 N m.

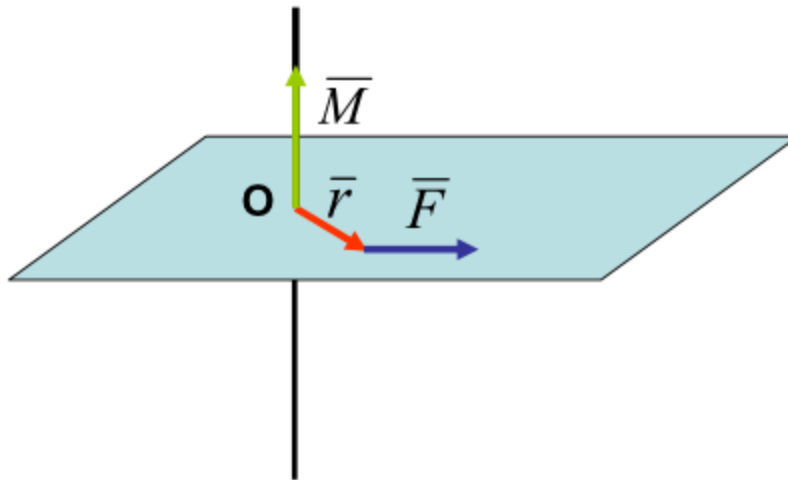
- **Ροπή δύναμης  $F$  ως προς σημείο  $O$  ονομάζουμε το διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο ίσο με το γινόμενο του μέτρου της δύναμης επί την απόσταση της από το σημείο  $O$**

$$\tau = Fl$$

**διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από τη δύναμη και το σημείο  $O$  και φορά που δίνεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού.**

# Ροπή δύναμης - ορισμός

... είναι η αιτία που προκαλεί την περιστροφή ενός σώματος



Ροπή της δύναμης  $F$  **ως προς το σημείο  $O$**  ονομάζεται το εξωτερικό γινόμενο του διανύσματος θέσης του σημείου εφαρμογής της δύναμης με τη δύναμη.

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

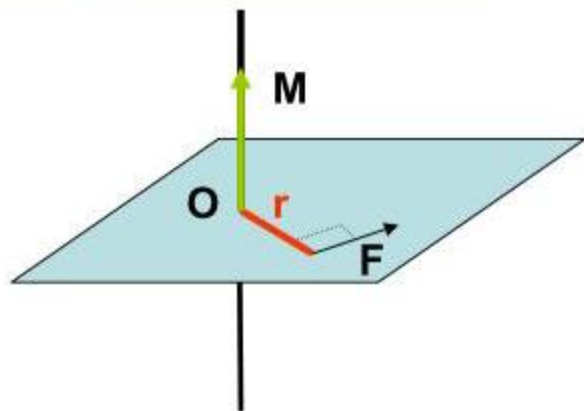
$\vec{\tau}$

Η ροπή είναι διανυσματικό μέγεθος **κάθετο** στο επίπεδο που ορίζεται από την  $F$  και το  $r$ .

# Ροπή δύναμης

Ροπή

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

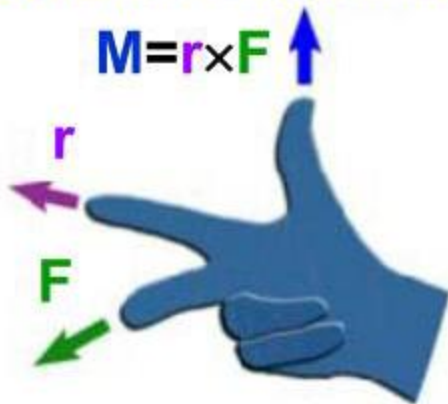


Όταν η **F** είναι **κάθετη** στην διεύθυνση που ενώνει το σημείο O και το σημείο εφαρμογής της F

$$F \perp r \rightarrow M = rF$$

Μονάδα μέτρησης της ροπής  
**N.m**

Σύμβαση για τη φορά της ροπής



Εναλλακτική σύμβαση για τη φορά της ροπής

- **Θετική** όταν τείνει να περιστρέψει το σώμα δεξιόστροφα
- **Αρνητική** όταν τείνει να περιστρέψει το σώμα αριστερόστροφα

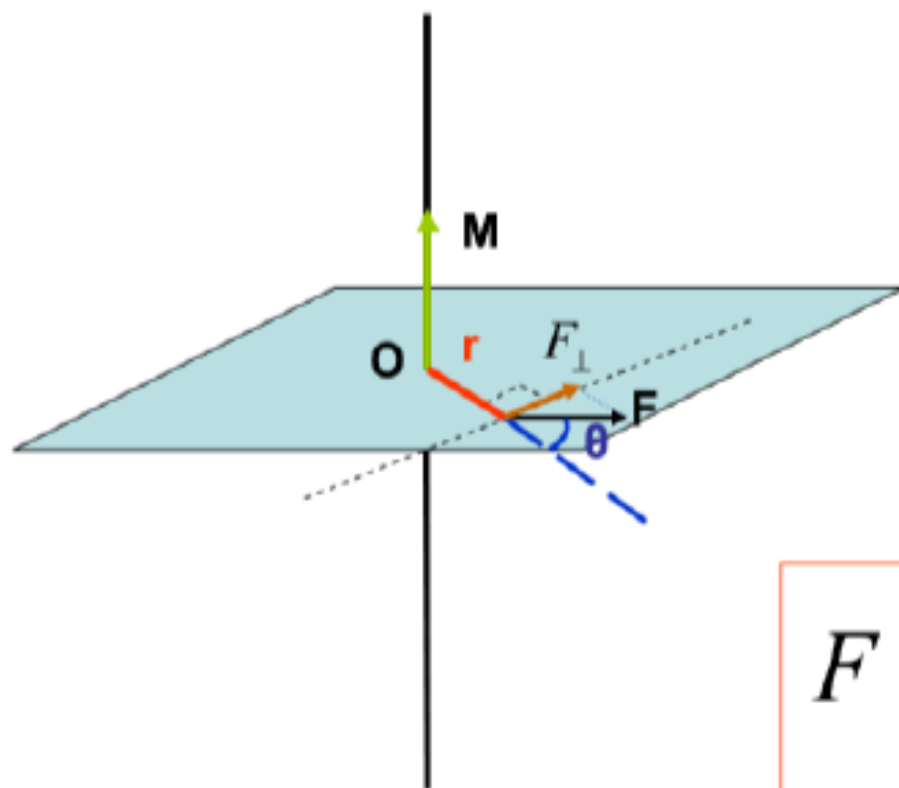


# Ροπή δύναμης

Όταν η  $F$  δεν είναι κάθετη στην  $r$ :

$$M = rF \sin \theta$$

όπου  $\theta$  είναι η γωνία που σχηματίζουν οι  $r$  και  $F$



Ροπή προκαλεί μόνο η  
συνιστώσα της  $F$  που είναι  
κάθετη στην  $r$

$$F \parallel r \quad \rightarrow \quad M = 0$$

- Ένα ελεύθερο στερεό, όμως, μπορεί να εκτελέσει και **μεταφορική** και **στροφική κίνηση**. Αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα είναι μηδέν το σώμα δε θα εκτελέσει μεταφορική κίνηση. Αυτό όμως δεν εξασφαλίζει ότι δε θα στραφεί.
- Αν υπάρχουν ροπές το σώμα θα στραφεί. Όταν η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν, αν υπάρχουν ροπές, αυτές θα οφείλονται σε ζεύγη δυνάμεων. Η ροπή ζεύγους, όμως, είναι ίδια ως προς όλα τα σημεία. Επομένως, για να μη στραφεί το σώμα θα πρέπει η συνισταμένη ροπή να είναι μηδέν ως προς ένα οποιοδήποτε σημείο (τότε θα είναι μηδέν και ως προς κάθε άλλο).
- Επομένως για να ισορροπεί ένα αρχικά ακίνητο στερεό σώμα στο οποίο ασκούνται πολλές ομοεπίπεδες δυνάμεις θα πρέπει
- **(α) η συνισταμένη δύναμη να είναι μηδέν**

$$\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{0} \quad \text{ή} \quad \Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0$$

- **(β) το άθροισμα των ροπών ως προς οποιοδήποτε σημείο να είναι μηδέν**

$$\Sigma \tau = 0$$

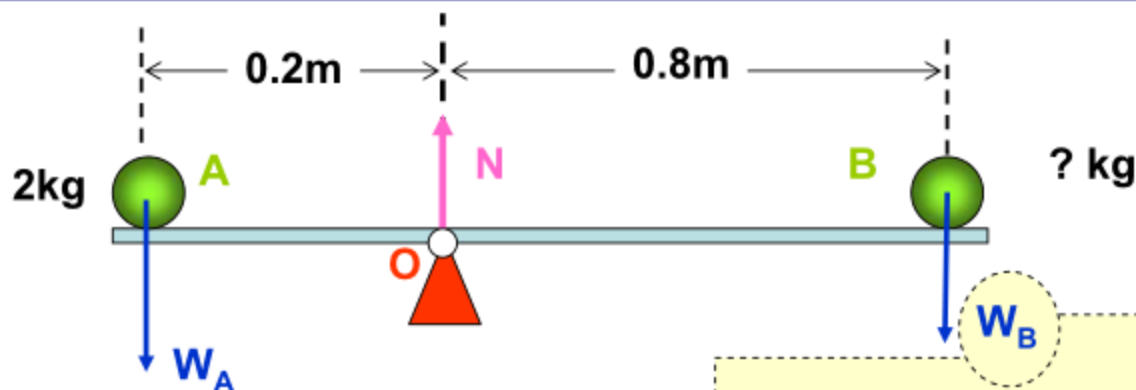
# Στατική ισορροπία

- Το διανυσματικό άθροισμα των δυνάμεων και το διανυσματικό άθροισμα των ροπών είναι μηδέν

$$\sum_i \vec{F}_i = 0, \quad \sum_i \vec{M}_i = 0$$

## Παράδειγμα

Πόση πρέπει να είναι η μάζα του σώματος B για να ισορροπεί η (αβαρής) δοκός;



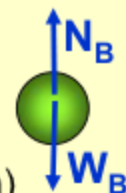
Για να ισορροπεί η δοκός θα πρέπει :

$$\sum \bar{F} = 0 \Rightarrow W_A + W_B = N$$

$$\sum \bar{M} = 0 \Rightarrow -W_A \cdot d_A + W_B \cdot d_B + N \cdot 0 = 0 \Rightarrow W_A \cdot d_A = W_B \cdot d_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_B = W_A \frac{d_A}{d_B} \Rightarrow m_B g = m_A g \frac{d_A}{d_B} \Rightarrow m_B = m_A \frac{d_A}{d_B} \Rightarrow m_B = 2 \frac{0.2}{0.8} = 0.5 \text{kg}$$

- α) Συνθήκη ισορροπίας για το σώμα B:  $N_B = W_B$   
β)  $N'_B = N_B$  (δράση – αντίδραση)  
γ)  $N'_B$ : δύναμη που ασκείται από το σώμα B στη δοκό



# Ισορροπία και ευστάθεια

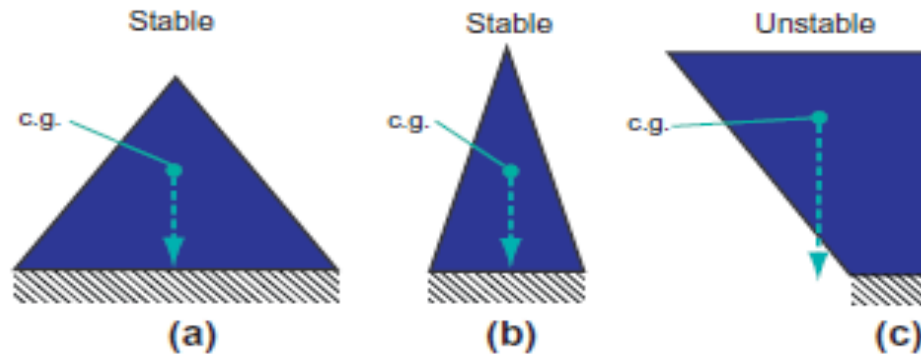


FIGURE 1.1 Stability of bodies.

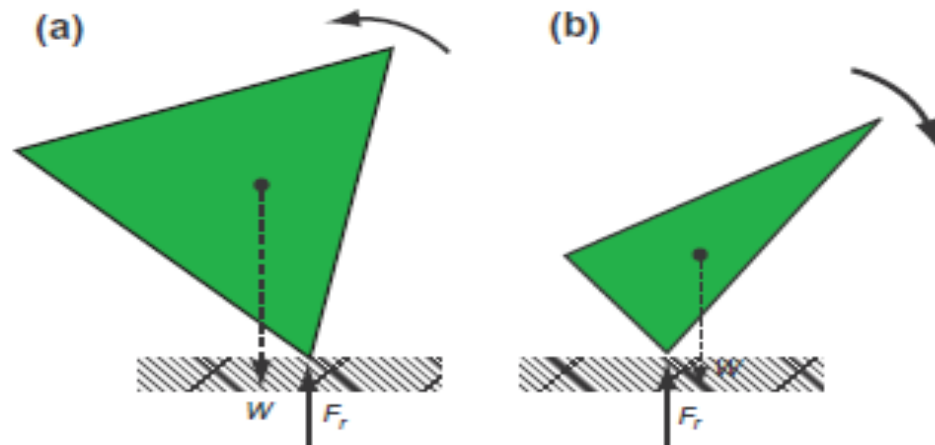


FIGURE 1.2 (a) Torque produced by the weight will restore the body to its original position. (b) Torque produced by the weight will topple the body. For simplicity, frictional forces that prevent the contact point from sliding are not shown. The frictional force is horizontal to the left in Figure (a) and to the right in Figure (b). (See Chapter 2 for discussion of frictional forces.)

# Ισορροπία και ευστάθεια

- Το **βάρος** είναι μία **δύναμη** που ασκείται στο **κέντρο βάρους** ή **κέντρο μάζας** ενός σώματος. Εάν ένα σώμα δεν στηρίζεται, τότε επιταχύνεται προς το κέντρο της Γης.
- Ένα σώμα βρίσκεται σε **στατική ισορροπία** όταν το διανυσματικό άθροισμα των **δυνάμεων** και των **ροπών** είναι μηδέν.
- Ένα σώμα βρίσκεται σε ευσταθή ισορροπία όταν το κέντρο βάρους του βρίσκεται επάνω από τη **βάση στήριξης** του σώματος.
- Όσο ευρύτερη είναι η **βάση στήριξης** ενός σώματος τόσο περισσότερο σταθερό είναι. Αν το κέντρο βάρους (κ.β.) είναι εκτός της βάσης στήριξης ενός σώματος, τότε η ροπή τείνει να ανατρέψει το σώμα.
- Το κ.β. βάρους του ανθρώπινου σώματος με τα χέρια στα πλάγια βρίσκεται **στο 56% του ύψους** του.
- Όταν κουβαλάμε ένα **ανομοιογενές φορτίο** το σώμα τείνει να το αντισταθμίσει **γέρνοντας και προεκτείνοντας τα άκρα** (μετατοπίζει το κέντρο βάρους του).

# Ευστάθεια ανθρώπινου σώματος υπό την επίδραση εξωτερικής δύναμης

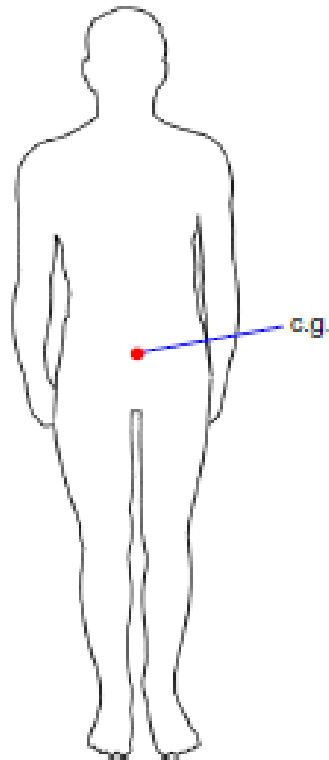


FIGURE 1.3 Center of gravity for a person.

---

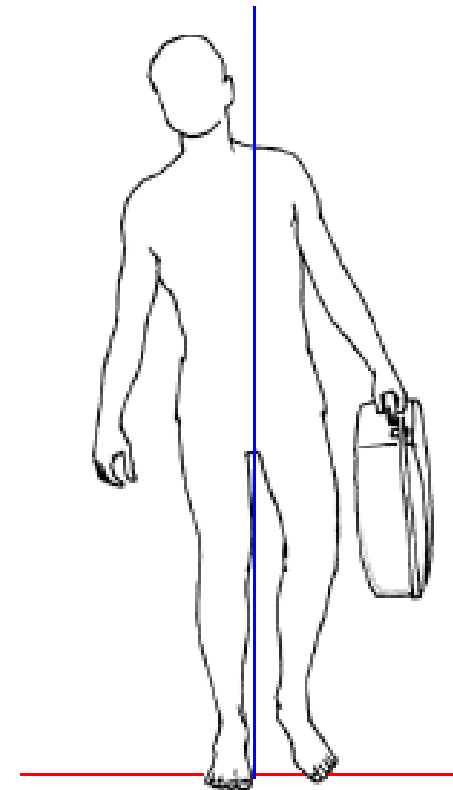


FIGURE 1.4 A person carrying a weight.

---

# Ευστάθεια σώματος υπό την επίδραση εξωτερικής δύναμης

## 1.3 Stability of the Human Body under the Action of an External Force

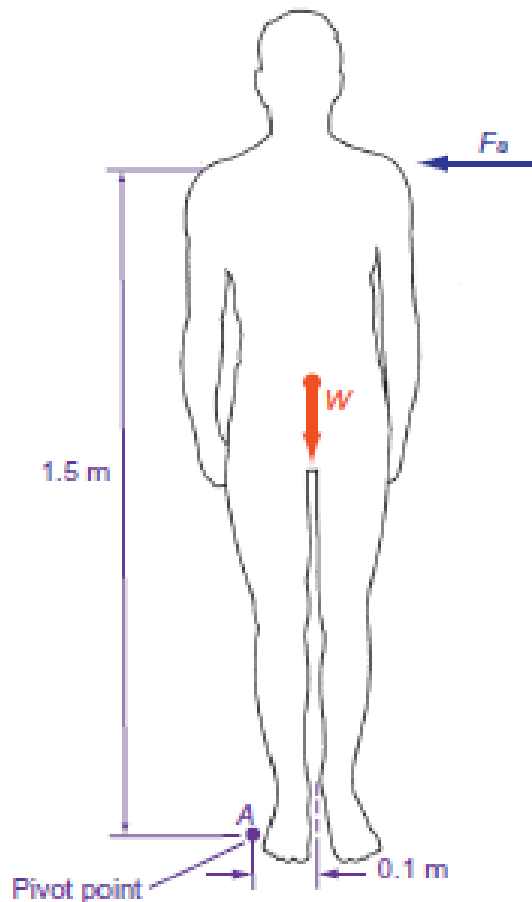


FIGURE 1.5 A force applied to an erect person.

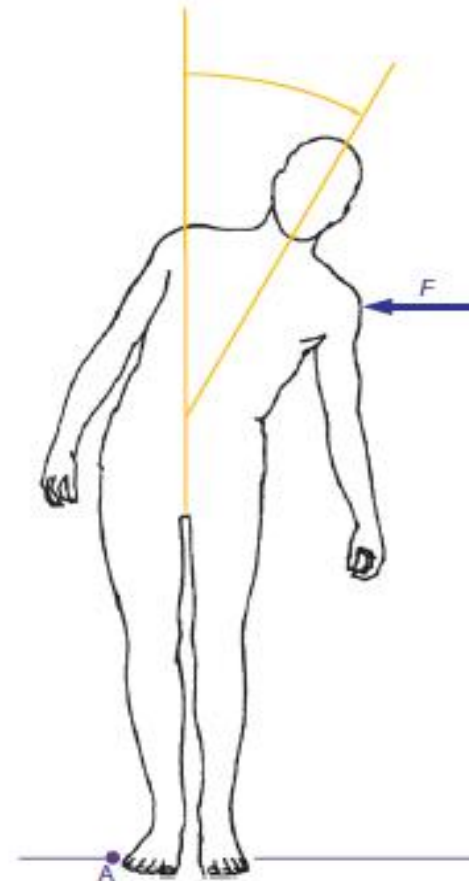


FIGURE 1.6 Compensating for a side-pushing force.

(1.4)

# Επίδραση εξωτερικής δύναμης

## 1.3 Stability of the Human Body under the Action of an External Force

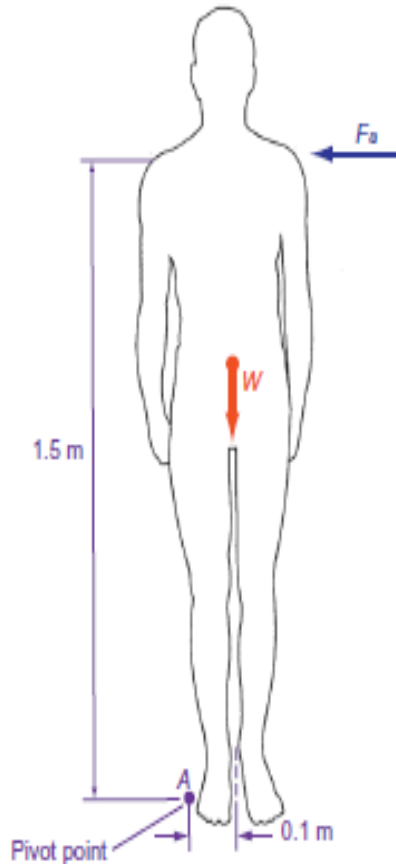


FIGURE 1.5 A force applied to an erect person.

- Η ροπή της εξωτερικής δύναμης ( $F_a$ ) ως προς το σημείο A είναι:
- $T_a = F_a \cdot (1,5 \text{ m})$ .
- Η ροπή του βάρους  $W$  του ανθρώπου (ως προς A) είναι:
- $T_w = W \cdot (0,1 \text{ m})$
- Ο άνθρωπος είναι στο όριο ανατροπής όταν:
- $T_a = T_w$

$$T_a = F_a \times 1.5 \text{ m} \quad (1.1)$$

The opposite restoring torque  $T_w$  due to the person's weight is

$$T_w = W \times 0.1 \text{ m} \quad (1.2)$$

Assuming that the mass  $m$  of the person is 70 kg, his weight  $W$  is

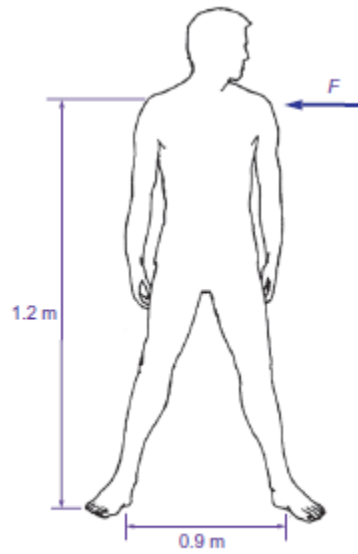
$$W = mg = 70 \times 9.8 = 686 \text{ newton (N)} \quad (1.3)$$

(Here  $g$  is the gravitational acceleration, which has the magnitude  $9.8 \text{ m/sec}^2$ .) The restoring torque produced by the weight is therefore 68.6 newton-meter (N-m). The person is on the verge of toppling when the magnitudes of these two torques are just equal; that is,  $T_a = T_w$  or

$$F_a \times 1.5 \text{ m} = 68.6 \text{ N-m} \quad (1.4)$$

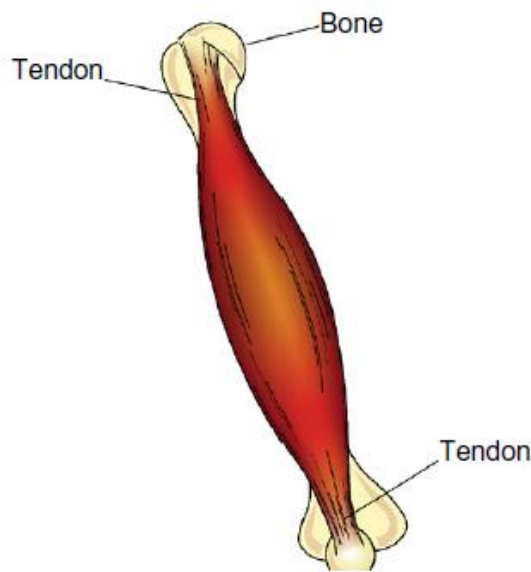
Therefore, the force required to topple an erect person is

$$F_a = \frac{68.6}{1.5} = 45.7 \text{ N (10.3 lb)} \quad (1.5)$$

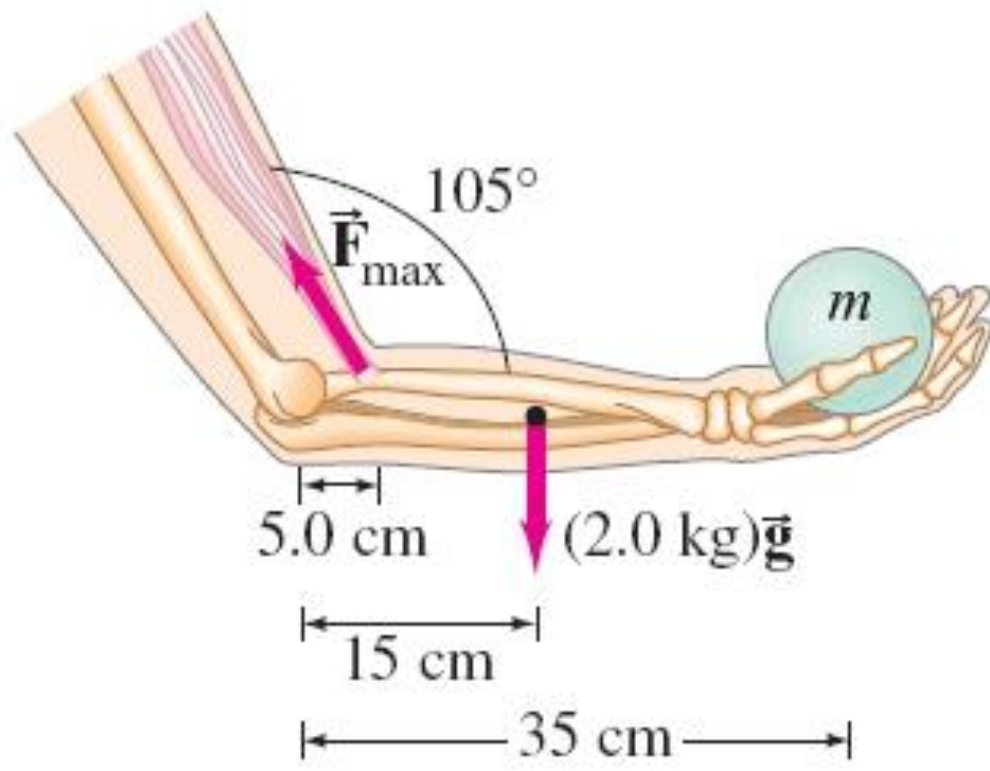


**FIGURE 1.7** Increased stability resulting from spreading the legs.

# Σκελετικοί μύες



- Οι **σκελετικοί μύες** που παράγουν τις κινήσεις του σκελετού αποτελούνται από **ίνες** περιτυλιγμένες από εύκαμπτο **περίβλημα**.
- Οι περισσότεροι μύες καταλήγουν σε ένα μόνο **τένοντα**. Οι τένοντες αποτελούνται από ισχυρό ιστό, αναπτύσσονται μέσα στο οστό και φέρνουν σε επαφή τον μυ με το οστό. Μερικοί μύες καταλήγουν σε **δύο ή τρεις τένοντες (δικέφαλος, τρικέφαλος)**.
- Όταν οι ίνες λαμβάνουν **ηλεκτρικό ερέθισμα συστέλλονται**. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια **ελκτική δύναμη** στα οστά με τα οποία ο μυς είναι σε επαφή.





# Μοχλοί



Είδος	Σχήμα	Χαρακτηριστικά	Παραδείγματα
Πρώτου	<p>Το υπομόχλιο βρίσκεται μεταξύ της δύναμης και του βάρους</p> <p>Class 1 Lever</p>	<p>Λιγότερη δύναμη</p> <p>Π.χ. Τραμπάλα Λοστός Σφυρί που ξεκαρφώνει το καρφί</p>	
Δεύτερου	<p>Το βάρος βρίσκεται μεταξύ του υπομοχλίου και της δύναμης</p> <p>Class 2 Lever</p>	<p>Λιγότερη δύναμη</p> <p>Π.χ. Καροτσάκι Ανοιγμα πόρτας από το χερούλι Κωπηλασία</p>	
Τρίτου	<p>Η δύναμη βρίσκεται μεταξύ του υπομοχλίου και του βάρους</p> <p>Class 3 Lever</p>	<p>Περισσότερη δύναμη, μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγαλύτερο εύρος κίνησης</p> <p>Π.χ. Φτυάρι Οι περισσότεροι μύες στο σώμα</p>	

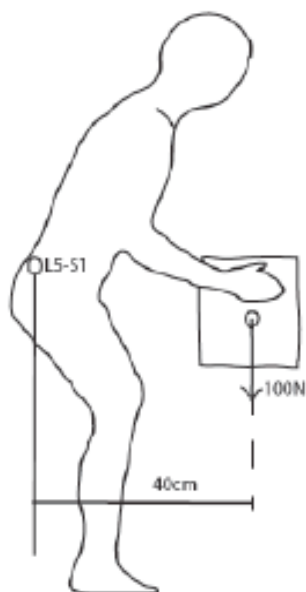
# Μοχλός

- Ο **μοχλός** είναι ένα **στερεό σώμα** με τη χρήση του οποίου κατορθώνουμε να ασκήσουμε δύναμη επάνω σε ένα σώμα εφαρμόζοντας μια **δύναμη σε διαφορετικό σημείο** του μοχλού
- Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της **εφαρμογής ροπών** και **κατάλληλης επιλογής αποστάσεων** μεταξύ του σημείου εφαρμογής της δύναμης και του σημείου που δρα το υπομόχλιο
- Σημαντική είναι η αντίληψη του **3<sup>ου</sup> νόμου του Νεύτωνα** (για κάθε δράση υπάρχει μια ίση και αντίθετη αντίδραση). Όταν ένα σώμα A ασκεί μια **δύναμη** σε άλλο σώμα B, τότε και το B ασκεί μια **ίση και αντίθετη δύναμη** στο A.
- **3<sup>ος</sup> νόμος του Νεύτωνα στη στροφική κίνηση**: Για κάθε ροπή δύναμης υπάρχει μια **άλλη ροπή δύναμης ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς**



## • Παράδειγμα:

- Κατά την ανύψωση αντικειμένων, όπως κουτιά, όταν στεκόμαστε όρθιοι, οι μύες της πλάτης πρέπει να αντισταθμίσουν το φορτίο που παράγεται από το βάρος του κουτιού.
- Πόση δύναμη πρέπει να παράγουν οι μύες της πλάτης (με βραχίονα προσπάθειας 6 cm από το νωτιαίο υπομόχλιο (L5-S1) ) για να διατηρηθεί το σώμα σε θέση ανύψωσης όταν κρατούμε ένα κουτί με ένα βάρος 100N με τα χέρια απλωμένα, έτσι ώστε το κουτί είναι 40 εκατοστά μακριά από το νωτιαίο υπομόχλιο;
- Πόσο μακριά από το σώμα θα πρέπει κάποιος να σηκώσει ένα κουτί, αν θέλει να μειώσει τη δύναμη που παράγεται από τον μυ κατά 30%;



$$F_{back}d_{back} = F_{box}d_{box} \Rightarrow F_{back} = \frac{100N \cdot 40cm}{6cm} = 666N$$

$$F_{back} = 0.3 \frac{100N \cdot 40cm}{6cm} = \frac{100Nd}{6cm} \Rightarrow d = 0.3 \cdot 40 = 12cm$$

# Ισορροπία & Μηχανικό πλεονέκτημα μοχλού

Η δύναμη  $F$  που απαιτείται για να **ισορροπήσει** ένα φορτίο βάρους  $W$  είναι:

$$F = \frac{W d_1}{d_2},$$

Το **Μηχανικό πλεονέκτημα** ενός μοχλού ορίζεται ως

$$M = \frac{W}{F} = \frac{d_2}{d_1}.$$

**Στο μοχλό 1<sup>ου</sup>** είδους το μηχανικό πλεονέκτημα αυξάνεται αν το φορτίο ( $W$ ) τοποθετηθεί κοντά στο υπομόχλιο (μικρό  $d_1$ ).

**Στο μοχλό 2<sup>ου</sup>** είδους  $d_1 < d_2$  και  $M > 1$

**Στο μοχλό 3<sup>ου</sup>** είδους το μηχανικό πλεονέκτημα είναι μικρότερο από 1

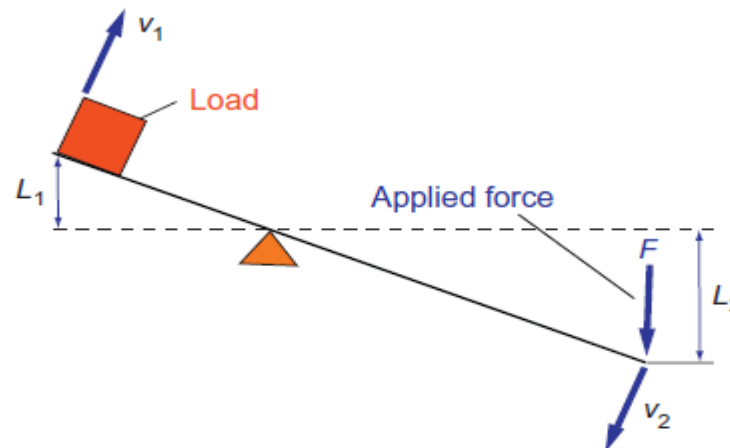
Η **ανύψωση** του φορτίου επιτυγχάνεται εάν εφαρμοσθεί μια **δύναμη λίγο μεγαλύτερη** από αυτήν που χρειάζεται για να ισορροπήσει το φορτίο.

Μεταξύ των μετατοπίσεων  $L_1$  του φορτίου και  $L_2$  και του σημείου εφαρμογής της δύναμης και για τις αντίστοιχες ταχύτητες ( $v_1$ ,  $v_2$ ) ισχύει

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{d_1}{d_2}.$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{d_1}{d_2}.$$

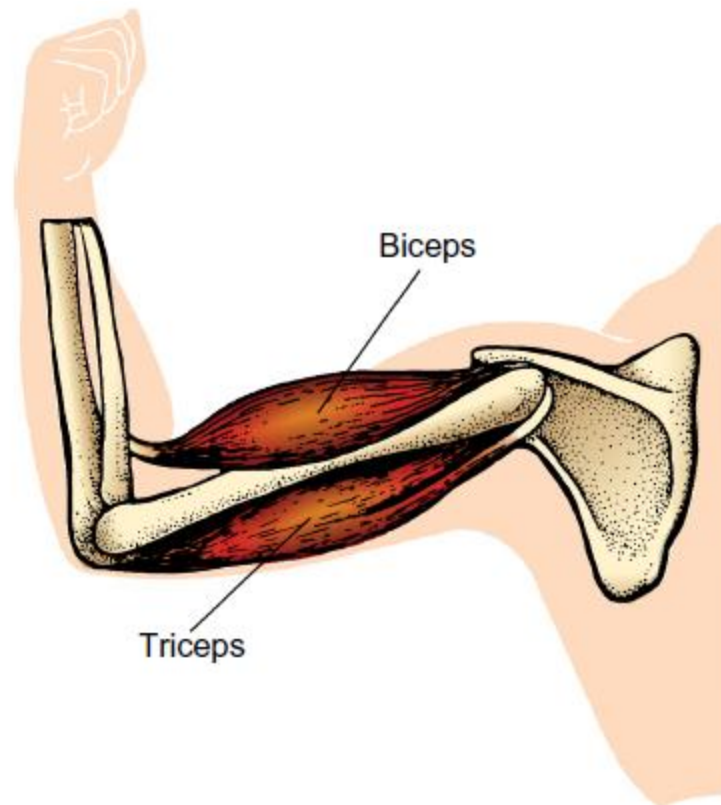
Η **μετατόπιση** και η **ταχύτητα** του φορτίου είναι **αντιστρόφως ανάλογες** του **μηχανικού πλεονεκτήματος**



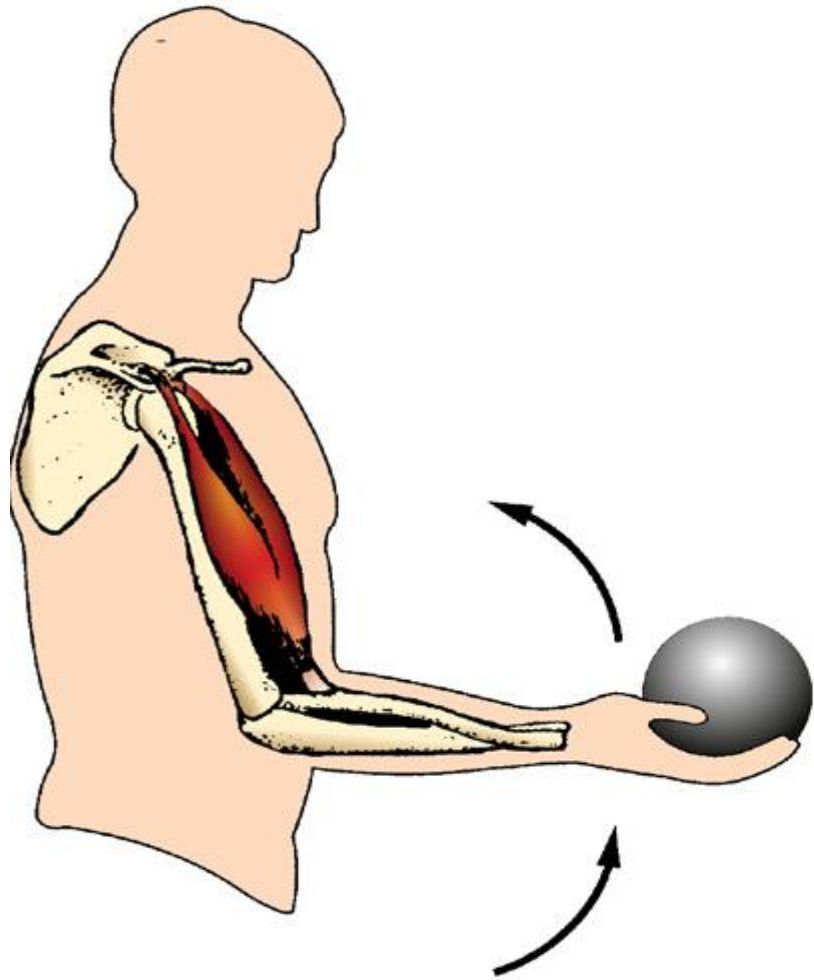
**FIGURE 1.10** Motion of the lever arms in a Class 1 lever.

# Αγκώνας

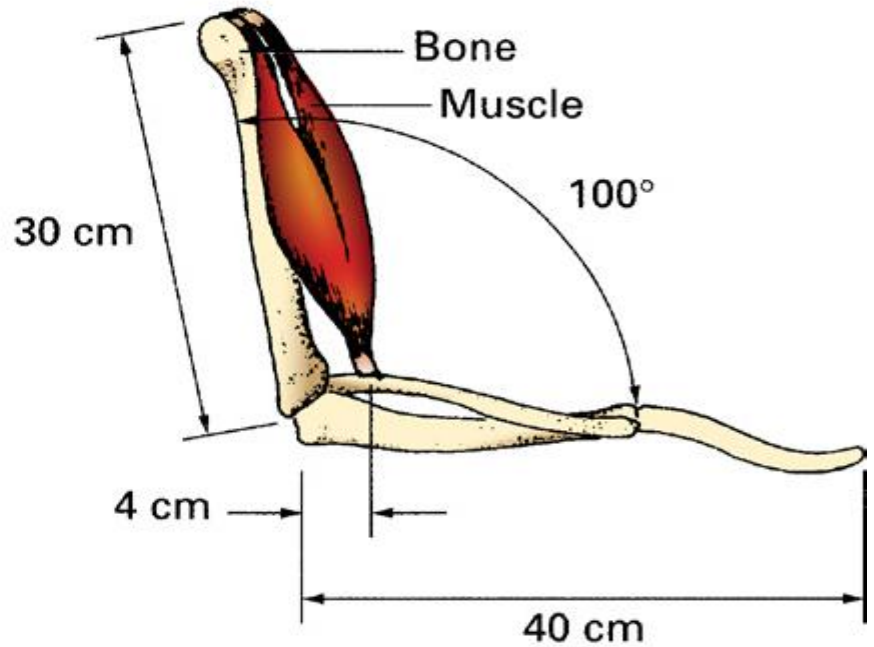
Οι πιο σημαντικοί μύες που παρέχουν την κίνηση του αγκώνα είναι ο δικέφαλος και ο τρικέφαλος.



# Βάρος που συγκρατείται από το χέρι και απλοποιημένο σχεδιάγραμμα



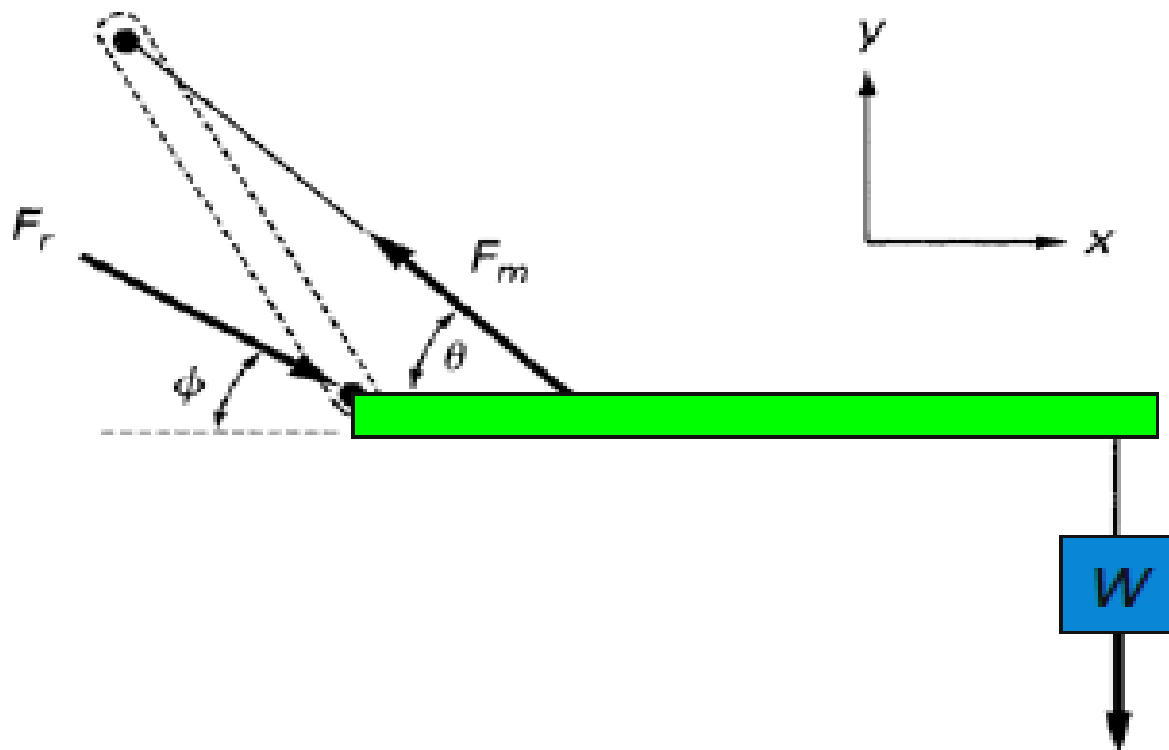
a



b

# Μηχανική αναπαράσταση βάρους που συγκρατείται από το χέρι

(Μοχλός 3<sup>ου</sup> είδους)



Γίνεται κατ' αρχήν ανάλυση των δυνάμεων  $F_m$ ,  $F_r$  και  $W$  στους δύο άξονες  $x$ ,  $y$  (δηλαδή **λαμβάνονται οι  $x$  και  $y$  συνιστώσες** αυτών των δυνάμεων) και γράφεται η συνθήκη ισορροπίας για αυτές τις δυνάμεις:

$$F_m \cos \theta = F_r \cos \phi \quad (1.10)$$

$$F_m \sin \theta = W + F_r \sin \phi \quad (1.11)$$

Οι προηγούμενες εξισώσεις δεν αρκούν για να προσδιορισθούν τα τρία άγνωστα μεγέθη ( $F_m$ ,  $F_r$ ,  $\theta$ ). Γιαυτό χρησιμοποιείται μία επιπλέον εξίσωση που εκφράζει τη συνθήκη ισορροπίας για τις **ροπές**.

$$4 \text{ cm} \times F_m \sin \theta = 40 \text{ cm} \times W$$

$$F_m \sin \theta = 10 W \quad (1.12)$$

$$F_m = \frac{10 W}{0.954} = 10.5 W \quad (1.13)$$

Η δύναμη  $F_m$  υπολογίζεται σε  $F_m=1440$  N

Από τις προηγούμενες εξισώσεις 1.10, 1.11 προκύπτει:

$$\begin{aligned}1440 \times \cos 72.6 &= F_r \cos \phi \\1440 \times \sin 72.6 &= 14 \times 9.8 + F_r \sin \phi\end{aligned}\tag{1.14}$$

or

$$\begin{aligned}F_r \cos \phi &= 430 \text{ N} \\F_r \sin \phi &= 1240 \text{ N}\end{aligned}\tag{1.15}$$

Squaring both equations, using  $\cos^2 \phi + \sin^2 \phi = 1$  and adding them, we obtain

$$F_r^2 = 1.74 \times 10^6 \text{ N}^2$$

or

$$F_r = 1320 \text{ N (298 lb)}\tag{1.16}$$

From Eqs. 1.14 and 1.15, the cotangent of the angle is

$$\cot \phi = \frac{430}{1240} = 0.347\tag{1.17}$$

and

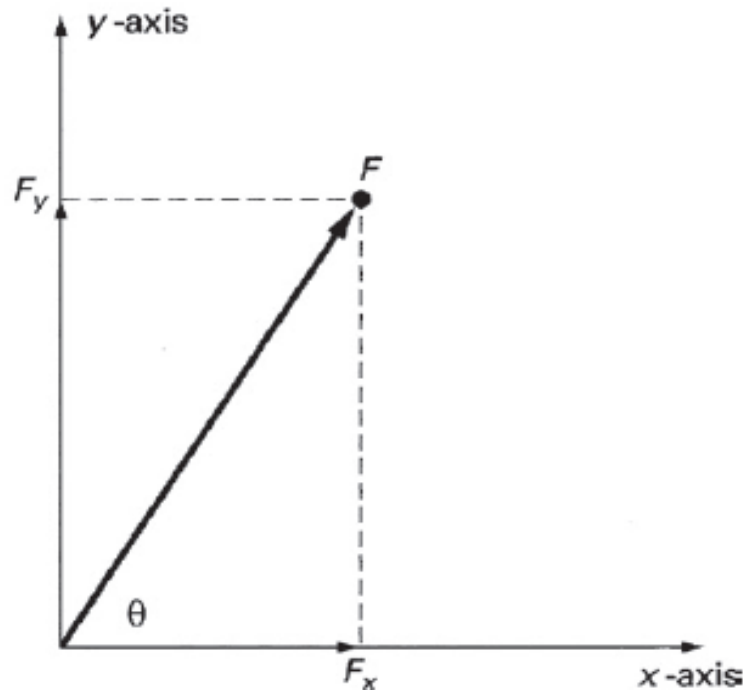
$$\phi = 70.9^\circ$$

# Δύναμη ή ταχύτητα;

- Δηλαδή η **δύναμη** που ασκείται από τον μυ είναι **πολύ μεγαλύτερη** από το **βάρος** που συγκρατεί. Το **μηχανικό πλεονέκτημα** είναι **μικρότερο** από τη μονάδα.
- Αυτό ισχύει για όλους τους **σκελετικούς μύες** στο σώμα. Ασκούν **δυνάμεις με τη βοήθεια μοχλών με μηχανικό πλεονέκτημα μικρότερο από τη μονάδα**. Αυτό παρέχει **μεγαλύτερη ταχύτητα** στα άκρα
- Δηλαδή η ταχύτητα και η μετακίνηση του φορτίου είναι αυξημένες (*ταχύτητα και μετακίνηση είναι αντιστρόφως ανάλογες του μηχανικού πλεονεκτήματος / εξισώσεις 1.6, 1.7*).
- Η **Φύση προτιμά την ταχύτητα από τη δύναμη**
- Μία μικρή μεταβολή στο μήκος του μυός συντελεί σε μεγάλη μετατόπιση άκρων

## Σύνθεση-Διανυσματικό άθροισμα δυνάμεων (υπενθύμιση):

Για να υπολογισθεί η συνισταμένη δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα, γίνεται ανάλυση τους (σε συνιστώσες) κατά μήκος των αξόνων  $x$  και  $y$ .



**FIGURE A.3** The resolution of a force into its vertical and horizontal components.

## Σύνθεση-Διανυσματικό άθροισμα δυνάμεων:

$$\begin{aligned}F_x &= F \cos \theta \\F_y &= F \sin \theta\end{aligned}\tag{A.23}$$

The magnitude of the force  $F$  is given by

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}\tag{A.24}$$

When adding a number of forces ( $F_1, F_2, F_3, \dots$ ) the mutually perpendicular components of the total force  $F_T$  are obtained by adding the corresponding components of each force; that is,

$$\begin{aligned}(F_T)_x &= (F_1)_x + (F_2)_x + (F_3)_x + \dots \\(F_T)_y &= (F_1)_y + (F_2)_y + (F_3)_y + \dots\end{aligned}\tag{A.25}$$

$$F_T = \sqrt{(F_T)_x^2 + (F_T)_y^2}\tag{A.26}$$

# Ισχύο

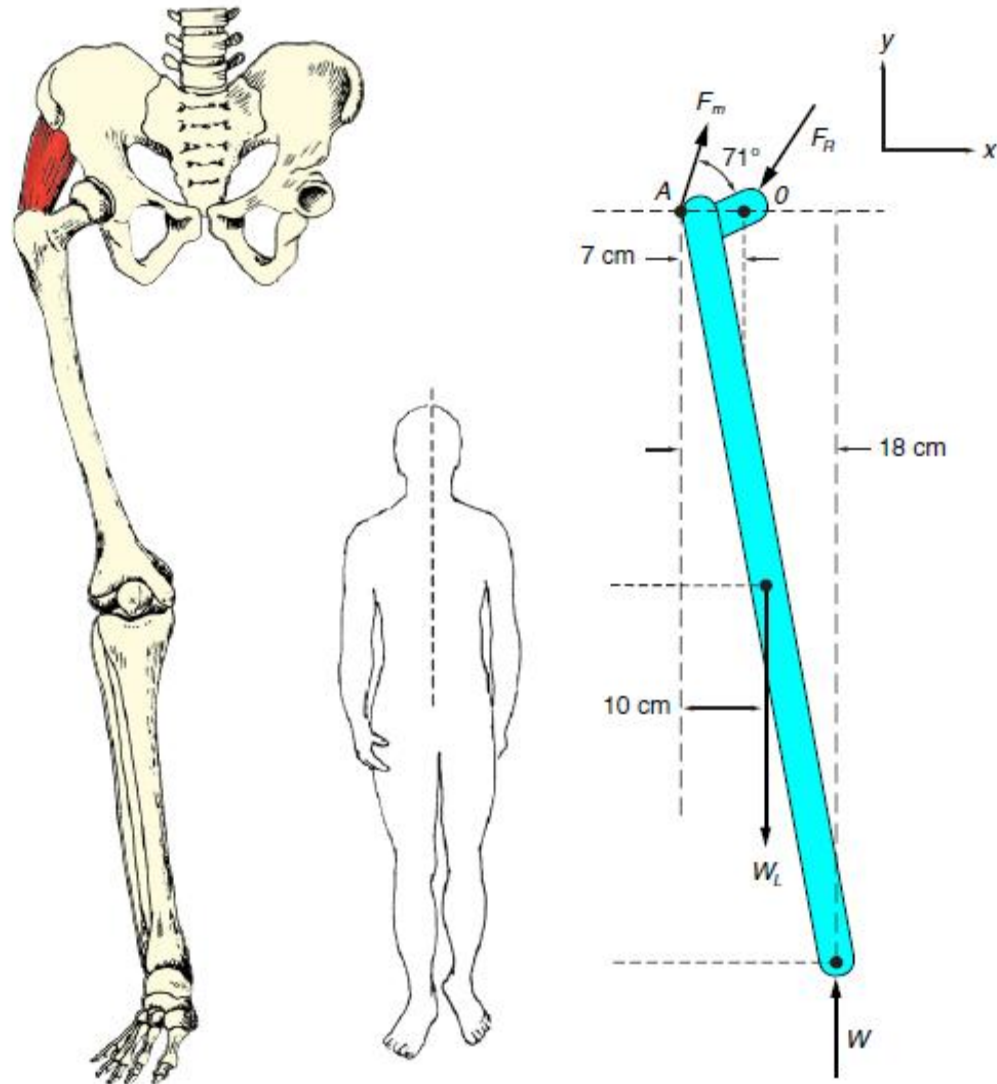


FIGURE 1.14 (a) The hip. (b) Its lever representation.

# Ισχίο: Δυνάμεις που δρουν στο πόδι που ακουμπά στο έδαφος

- $F_m$ : Το ισχίο σταθεροποιείται στην κοτύλη από μια ομάδα μυών, η οποία αναπαρίσταται ως αποτέλεσμα της δύναμης της οποίας η γωνία (ως προς την οριζόντια διεύθυνση) είναι  $71^\circ$
- $\underline{W}_L$  : Είναι το συνολικό βάρος του σκέλους, της βάσης και του μηρού του ποδιού. Ισχύει  $W_L = 0,185W$  ( $W$ : συνολικό βάρος σώματος)
- $\underline{F}_R$  είναι η δύναμη αντίδρασης που ασκείται μεταξύ ισχίου και μηριαίου οστού
- $\underline{W}$ : κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης που ασκείται στο πέλμα με φορά προς τα πάνω και είναι ίση με το βάρος του σώματος. Είναι η δύναμη που στηρίζει το σώμα.

Οι υπολογισμοί στην επόμενη διαφάνεια βασίζονται στις συνθήκες ισορροπίας και δείχνουν ότι η δύναμη στην άρθρωση του ισχίου είναι περίπου 2,5 φορές το βάρος του σώματος.

From equilibrium conditions, using the procedure outlined in Section 1.6, we obtain

$$F_m \cos 71^\circ - F_R \cos \theta = 0 \quad (\text{x components of the force} = 0) \quad (1.18)$$

$$F_m \sin 71^\circ + W - W_L - F_R \sin \theta = 0 \quad (\text{y components of the force} = 0) \quad (1.19)$$

$$(F_R \sin \theta) \times 7 \text{ cm} + W_L \times 10 \text{ cm} - W \times 18 \text{ cm} = 0 \quad (\text{torque about point A} = 0) \quad (1.20)$$

Since  $W_L = 0.185 W$ , from Eq. 1.20 we have

$$F_R \sin \theta = 2.31 W$$

Using the result in Eq. 1.19, we obtain

$$F_m = \frac{1.50 W}{\sin 71^\circ} = 1.59 W \quad (1.21)$$

From Eq. 1.18, we obtain

$$F_R \cos \theta = 1.59 W \cos 71^\circ = 0.52 W$$

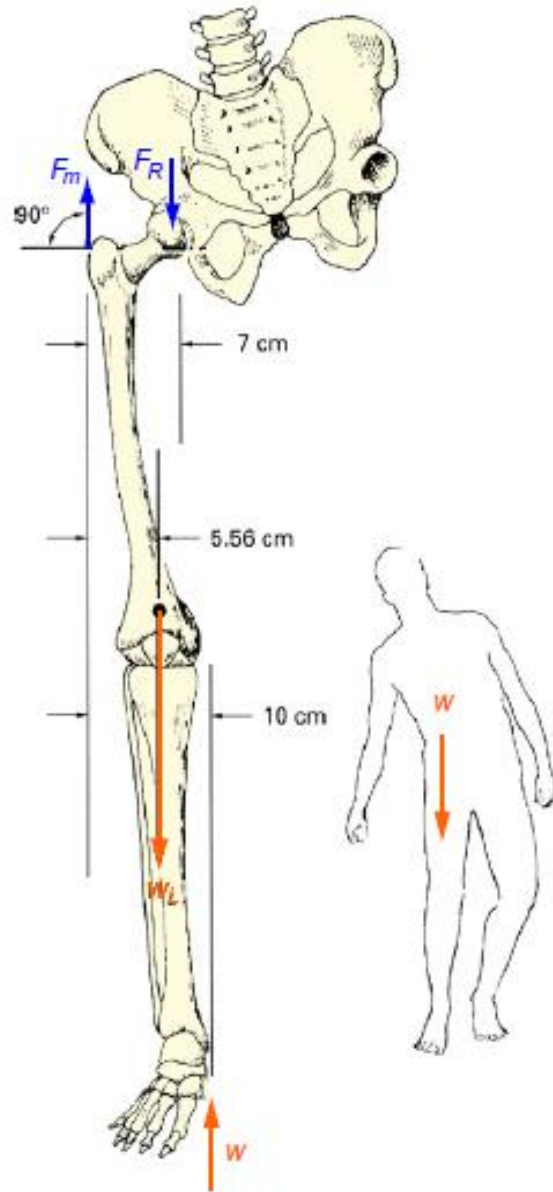
therefore,

$$\theta = \tan^{-1} 4.44 = 77.3^\circ$$

and

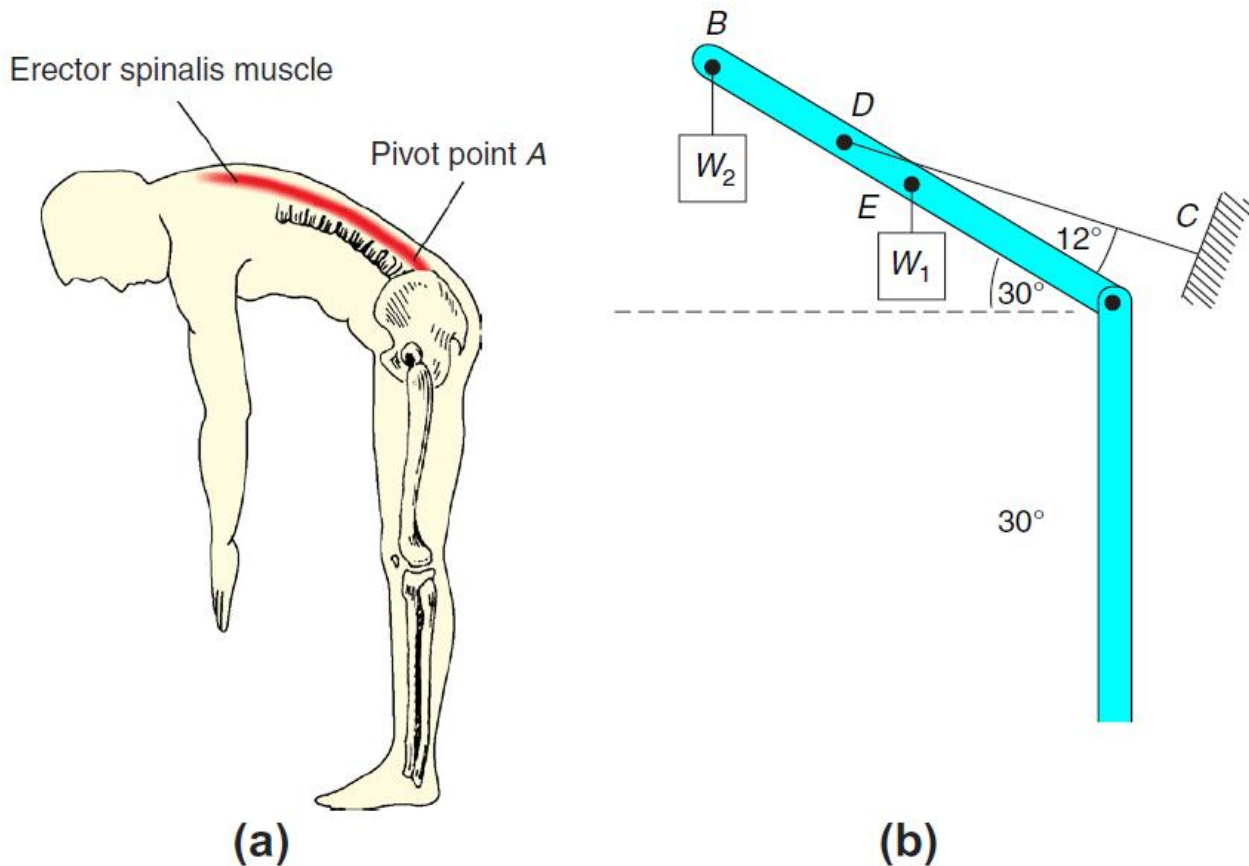
$$F_R = 2.37 W \quad (1.22)$$

This calculation shows that the force on the hip joint is nearly two and one-half times the weight of the person. Consider, for example, a person whose mass is 70 kg and weight is  $9.8 \times 70 = 686 \text{ N}$  (154 lb). The force on the hip joint is 1625 N (366 lb).



**FIGURE 1.15** Walking on an injured hip.

# Πλάτη: λυγισμένη πλάτη και αναπαράσταση μοχλού

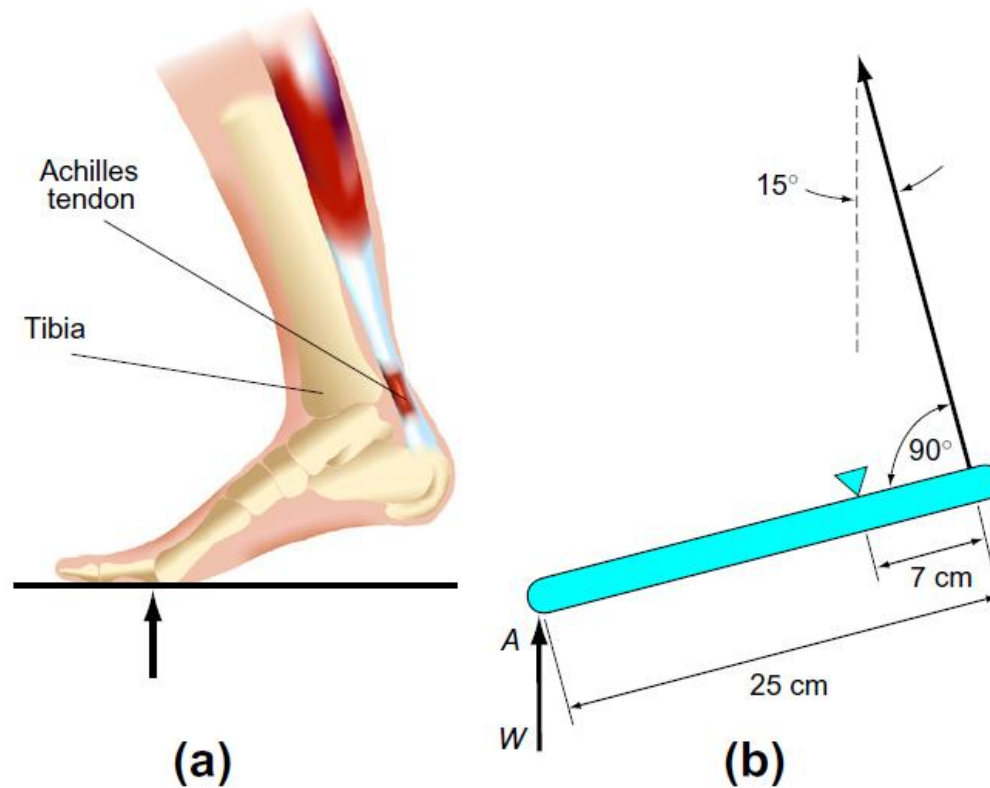


**FIGURE 1.16** (a) The bent back. (b) Lever representation.

# Πλάτη

- Όταν ο κορμός γέρνει προς τα μπροστά η **σπονδυλική στήλη στρέφεται** στον 5<sup>ο</sup> οσφυϊκό σπόνδυλο (σημείο A). Η πλάτη αναπαρίσταται από το βραχίονα AB.
- $W_1$  **Βάρος του κορμού** ομοιόμορφα κατανεμημένο κατά μήκος της πλάτης που αναπαρίσταται από το  $W_1$  που είναι κατακόρυφο στο μέσο της AB (320 N)
- $W_2$  είναι το **βάρος του εγκεφάλου** και των άκρων (εφαρμόζεται στο άκρο B του βραχίονα). (160 N).
- DC: αναπαριστά τον **ιερονωτιαίο μυ**
- Για να **συγκρατηθεί** το βάρος του σώματος ο μυς ασκεί **δύναμη 2000 N**.
- Η δύναμη που **συμπιέζει** τον πέμπτο οσφυϊκό είναι **2230 N**.
-

# Στάση στα δάκτυλα ενός ποδιού



**FIGURE 1.17** (a) Standing on tip-toe. (b) Lever model.

# Στάση στα δάκτυλα ενός ποδιού

- $W$ : Δύναμη **αντίδρασης** στο σημείο A (υποστηρίζει το συνολικό βάρος του σώματος)
- Η **δύναμη ισορροπίας** παρέχεται από τον μυ που συνδέεται με τη φτέρνα μέσω του **Αχίλλειου τένοντα**
- Είναι **μοχλός 1<sup>ου</sup> είδους**
- Αποδεικνύεται ότι η **δύναμη συμπίεσης** στο οστό της κνήμης είναι **3,5 W** (πολύ επιβαρυντική στάση)