



Εμβιομηχανική της Αναρρίχησης

Ενότητα 10^η

Ιωάννης Γιαννακόπουλος M.Sc.

Βιομηχανική

Γενική Γραμματεία Αθλητισμού

Σχολή προπονητών Αγωνιστικής
Αναρρίχησης & Ορειβατικού Σκι



ΕΙΛΟΣ ΙΥΔΑΣΗΣ 1984
Τρίκαλα 2019



Θέματα προς ανάλυση

- Πολυπαραγοντικό μοντέλο απόδοσης
- Κινησιολογία
- Μηχανικά φορτία στο ανθρώπινο σώμα
- Τριβή και αναρρίχηση
- Νόμοι του Νεύτωνα
- Δυνάμεις
- Αρχές σταθερότητας
- Κέντρο βάρους και αναρρίχηση
- Μηχανική ενέργεια



Μετά την ολοκλήρωση της ενότητας ο σπουδαστής θα είναι σε θέση να:

- Γνωρίζει το πολύπαραγοντικό μοντέλο απόδοσης στην αναρρίχηση και από ποιους παράγοντες επηρεάζεται η απόδοση ενός αναρριχητή
- Διακρίνει ποιες κινήσεις εκτελεί ένας αναρριχητής και σε ποια βασικά ανατομικά επίπεδα λαμβάνουν χώρα αυτές
- Γνωρίζει τους διαφορετικούς τύπους μηχανικών φορτίων που μπορεί να δεχτεί το ανθρώπινο σώμα
- Εξηγεί εάν και γιατί η τριβή είναι αναγκαία κατά τη διάρκεια μιας αναρριχητικής πορείας
- Γνωρίζει του 3 νόμους του Νεύτωνα
- Αναλύει τις δυνάμεις που εφαρμόζονται από και προς τον αναρριχητή μέσω ενός διαγράμματος ελεύθερου σώματος
- Αναφέρει και να εξηγεί τις βασικές αρχές της σταθερότητας
- Εξηγεί πως το κέντρο βάρους επηρεάζει σημαντικά την ισορροπία
- Διακρίνει τη διαφορά μεταξύ δυναμικής και κινητικής ενέργειας

Πολυπαραγοντικό Μοντέλο Απόδοσης



Στη συγκεκριμένη ενότητα θα αναλύσουμε τον παράγοντα της τεχνικής και της συναρμογής, δηλαδή της μηχανικής κάθε κινήσεως του αναρριχητή. Μέσω αυτού θα γίνει κατανοητό πως και γιατί κάποιες αρχές της μηχανικής πρέπει να ακολουθούνται σε κάθε αναρριχητική πορεία, με κύριο σκοπό την ελαχιστοποίηση των λαθών και πτώσεων

Κινησιολογία Αναρρίχησης

➤ Γενική κίνηση (Γραμμική + Γωνιακή)

Γραμμική → Κίνηση ως ολότητα σε μία τροχιά (π.χ. κατακόρυφα στον τοίχο)

Γωνιακή → Στροφικές κινήσεις των μελών του σώματος γύρω από τις αρθρώσεις (π.χ. κάμψη γόνατος)

➤ Γωνιακές κινήσεις μελών :

- Κάμψη – έκταση (Οβελιαίο)
- Πλάγια κάμψη (Μετωπιαίο)
- Απαγωγή – Προσαγωγή (Μετωπιαίο)
- Ανάσπαση – Κατάσπαση (Μετωπιαίο)
- Πρηνισμός – Υππιασμός (Μετωπιαίο)
- Έσω – Έξω στροφή (Εγκάρσιο)



Μηχανικά Φορτία στο Σώμα

➤ Συμπίεση (θλίψη)

Συμπιεστική δύναμη παράλληλα στον διαμήκη άξονα

➤ Εφελκυσμός (διάταση)

Ελκτική δύναμη παράλληλα στον διαμήκη άξονα

➤ Διάτμηση

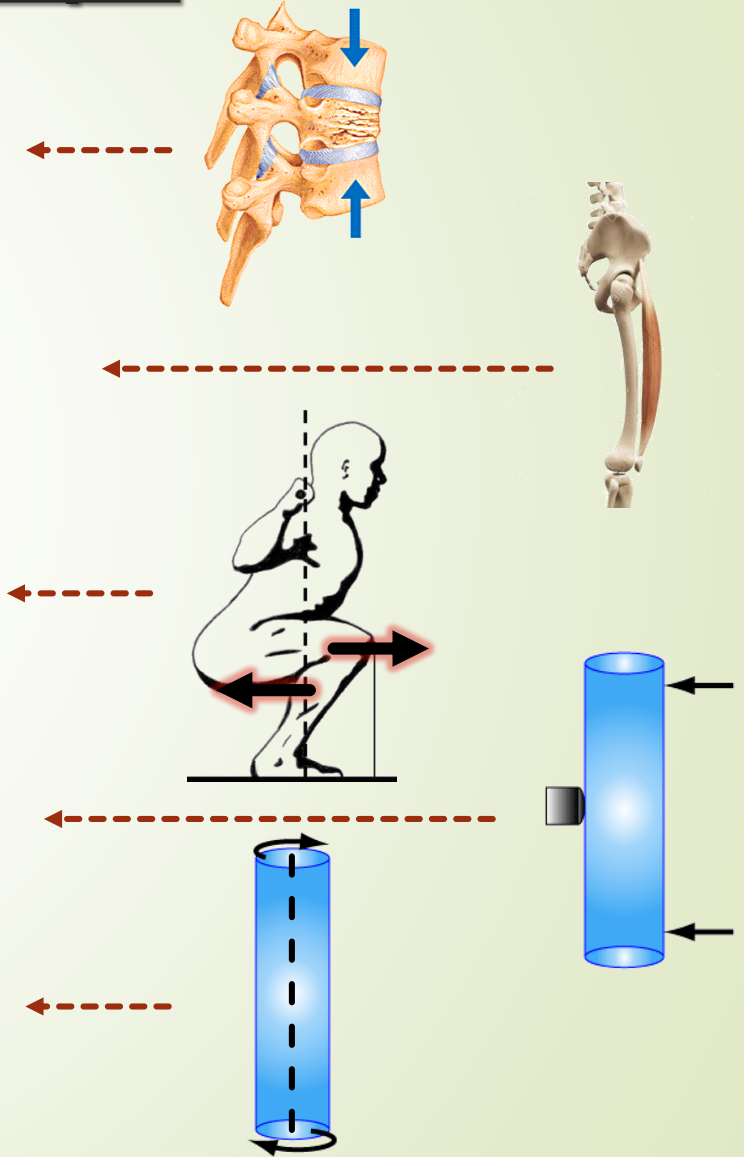
Δρα παράλληλα στην επιφάνεια του σώματος
Τείνει να προκαλέσει ολίσθηση ενός τμήματος του σε σχέση με άλλο τμήμα

➤ Κάμψη

Συνδυασμός συμπίεσης κ' εφελκυσμού
Αντίθετες πλευρές του σώματος

➤ Στρέψη

Συμβαίνει γύρω από τον διαμήκη άξονα
Στροφή στο ένα άκρο, ενώ το άλλο σταθερό



Νόμοι του Νεύτωνα

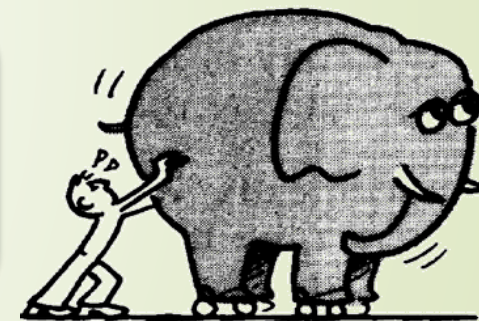
1^{ος} Νόμος της Αδράνειας

- Ένα σώμα θα παραμείνει σε ακινησία, η θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα, εάν δεν δράσει πάνω του μία δύναμη αλλάζοντας την κινητική του κατάσταση



2^{ος} Νόμος της Επιτάχυνσης

- Η επιτάχυνση ενός σώματος είναι ανάλογη της συνολικής δύναμης που ασκείται πάνω του και αντιστρόφως ανάλογης της μάζας του. $\Sigma F = m * a \Rightarrow a = \Sigma F / m$



3^{ος} Νόμος Δράσης - Αντίδρασης

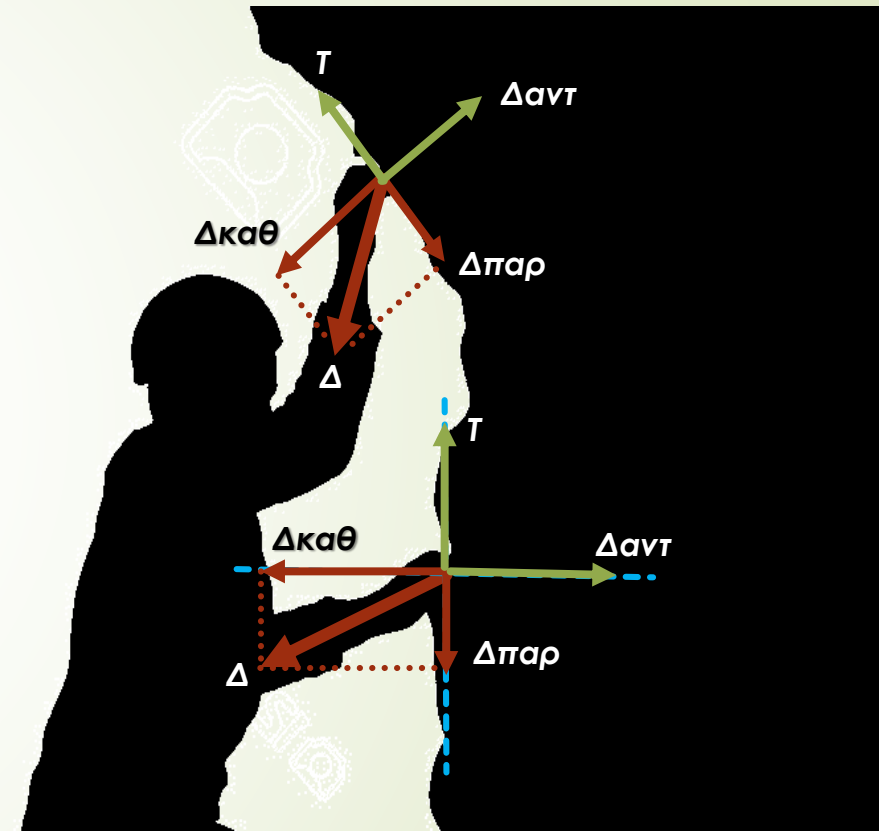
- Όταν ένα σώμα εφαρμόζει μία δύναμη πάνω σε ένα άλλο σώμα, τότε το δεύτερο εφαρμόζει πίσω δύναμη ίσου μεγέθους και αντίθετης κατεύθυνσης. $F = - F$



Τριβή και Αναρρίχηση

Διάγραμμα ελεύθερου σώματος

- ▶ Τριβή (T) = $\Delta\kappa\alpha\theta * \eta$, όπου $\Delta\kappa\alpha\theta$ η κάθετη δύναμη στον βράχο και η ο συντελεστής τριβής
- ▶ Στόχος → Μεγιστοποίηση τριβής
- ▶ Παράγοντες που την επηρεάζουν:
 - Μαγνησία, Υποδήματα, Τύπος βράχου, Καιρικές συνθήκες, Κλίση βράχου, **$\Delta\kappa\alpha\theta$** !
 - Η συνολική δύναμη Δ αναλύεται σε δύο συνιστώσες τις **$\Delta\kappa\alpha\theta$** (κάθετη στον τοίχο) και **$\Delta\pi\alpha\rho$** (παράλληλη στον τοίχο)



Όσο μεγαλύτερη είναι η $\Delta\kappa\alpha\theta$, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η τριβή. Η $\Delta\kappa\alpha\theta$ αντιπροσωπεύει σε αυτή την περίπτωση την κάθετη ελκτική δύναμη στον τοίχο, με την $\Delta\alpha\alpha\tau$ να είναι η αντίδραση του τοίχου που έλκει προς το μέρος του τον αναρριχητή

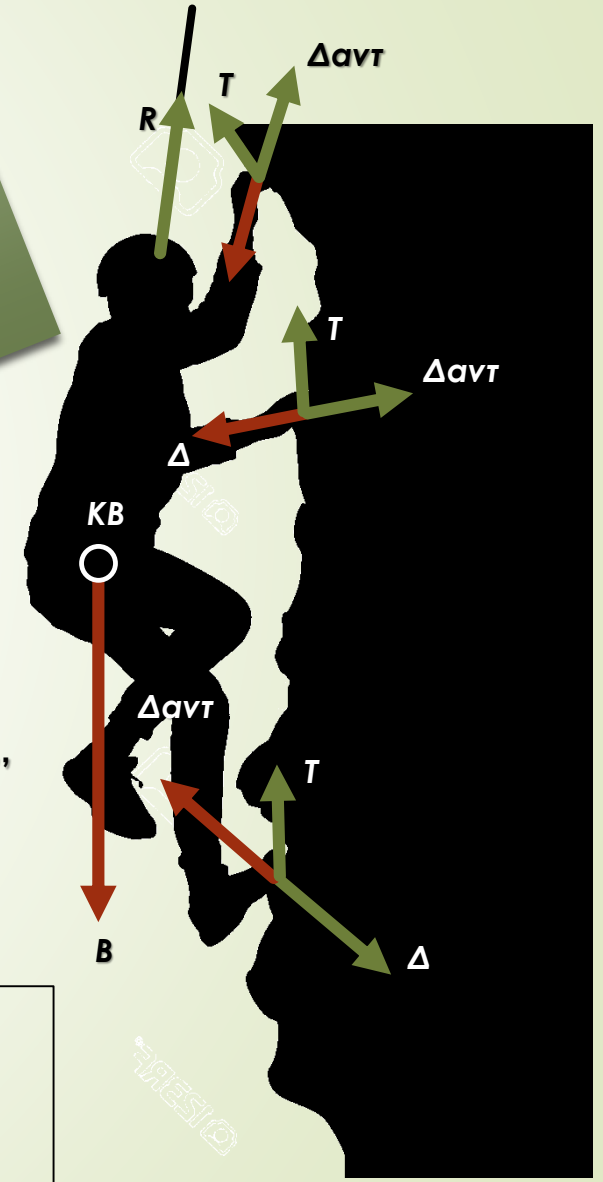
Δυνάμεις στην Αναρρίχηση

Παρούσες δυνάμεις κατά την αναρρίχηση τοίχου :

- **Βαρύτητα (B)**
- **Δύναμη σχοινιού στον αναρριχητή (R)**
- **Δύναμη αθλητή σε τοίχο (Δ)**
- **Αντίδραση τοίχου στον αθλητή ($\Delta_{αντ}$)**
- **Τριβή (T)**

Προσοχή!
Το σύστημα συντεταγμένων για την ανάλυση των δυνάμεων σε κάθετους άξονες αλλάζει προσανατολισμό ανάλογα με την κλίση του τοίχου

- Δυνάμεις που "οφελούν" την κίνηση
- Δυνάμεις που δεν οφελούν την κίνηση



Όλες αυτές οι δυνάμεις πρέπει να παρουσιαστούν σε δύο κάθετους άξονες για να αναλυθούν οι συνιστώσες τους και να φανεί ποιες από αυτές βοηθούν την κίνηση και ποιες ωθούν τον αναρριχητή σε πτώση. Οι πρώτες είναι αυτές που έλκουν τον αθλητή στον τοίχο και προς τα πάνω, ενώ οι δεύτερες είναι αυτές που τον "ρίχνουν" κάτω και πίσω.

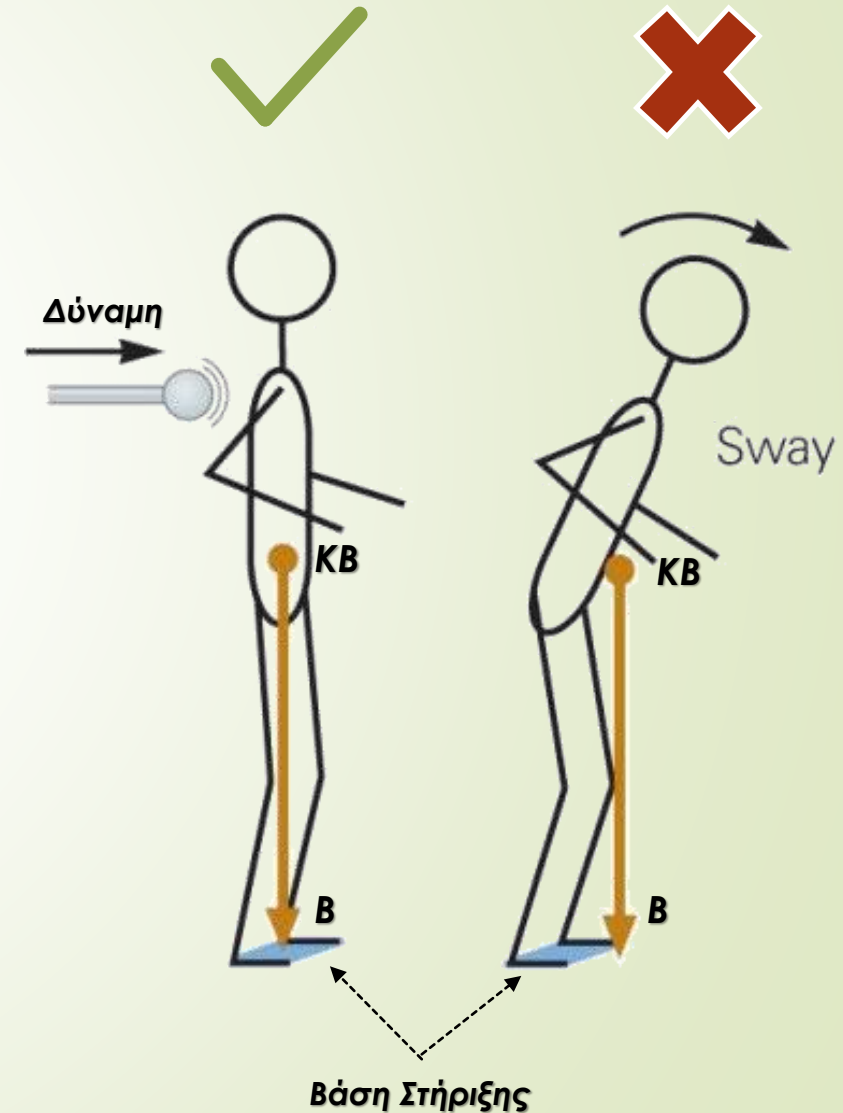
Αρχές Σταθερότητας



- Όσο περισσότερη η **μάζα** ενός σώματος, τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα του
- Όσο μεγαλύτερη είναι η **τριβή** με την επιφάνεια επαφής, τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα
- Όσο μεγαλύτερο το **εμβαδόν της βάσης στήριξης**, τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα
- Όσο **ψηλότερα το κέντρο βάρους**, τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα
- Όσο πιο κοντά η **οριζόντια θέση του κέντρου βάρους**, τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα
- Κακή **ψυχολογία** (π.χ. φόβος) → Μειωμένη σταθερότητα και ισορροπία

Κέντρο Βάρους και Αναρρίχηση

- **Κέντρο βάρους (KB)** → Το σημείο όπου το βάρος του σώματος είναι ισορροπημένο προς όλες τις κατευθύνσεις (ομφαλός)
- Μπορεί να αλλάξει θέση, με κίνηση του σώματος ή κίνηση μέλος αυτού
- Σημείο εφαρμογής του διανύσματος του βάρους (B)
- Κατά τη βασική ανατομική θέση το διάνυσμα του βάρους “πέφτει” μέσα στη βάση στήριξης (εμδαδόν που σχηματίζουν τα πόδια)
- Εάν με οποιαδήποτε κίνηση “πέσει” έξω από τη βάση αυτή, χάνεται η ισορροπία



Κέντρο Βάρους και Αναρρίχηση

- Κέντρο βάρους μέσα σε βάση στήριξης → Ποιοτική και επιτυχημένη αναρρίχηση
- Κέντρο βάρους μακριά από βάση στήριξης → Μείωση ισορροπίας – Κίνδυνος πτώσης

Δύο τρόποι :

1. **Αύξηση εμβαδού βάσης στήριξης** (ανοιχτά πόδια)
2. **Χαμηλώμα κέντρου βάρους** (λύγισμα γονάτων)

Αποτέλεσμα → Μείωση βάρους στα χέρια και οικονομικότερη ενεργειακά ανάβαση !

Επιπλέον η μεταφορά μεγάλου ποσοστού του βάρους στα πόδια γίνεται, εφόσον ο αθλητής είναι τοποθετημένος κοντύτερα στο βράχο, ώστε τα πόδια να απορροφήσουν το μέγιστο δυνατό κάθετο βάρος (κάθετη συνιστώσα του βάρους)



Μηχανική Ενέργεια

Μηχανική Ενέργεια = Δυναμική + Κινητική Ενέργεια

Δυναμική Ενέργεια → Η ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω της θέσεώς του στο πεδίο

Στην γη έχουμε την **βαρυτική δυναμική ενέργεια**

Τύπος : $E_{δυν} = F * h$, όπου F η δύναμη που ασκείται στο σώμα και h η απόσταση από το κέντρο του πεδίου

Επομένως στη γη → **$E_{δυν} = B * h$**

Κινητική ενέργεια → Η ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω του ότι βρίσκεται σε κίνηση

Τύπος: **$E_{κιν} = \frac{1}{2} * m v^2$** , όπου m η μάζα του σώματος και v η ταχύτητα του

Κατά τη διάρκεια κίνησης ενός σώματος (χωρίς τριβές), η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική και το αντίστροφο

Παρόλαυτα, το άρθροισμα κινητικής και δυναμικής ενέργειας (Μηχανική ενέργεια) παραμένει πάντοτε σταθερό πριν, κατά τη διάρκεια και στο τέλος κάθε κίνησης

$$E_{μηχ1} = E_{μηχ2} \rightarrow E_{δυν1} + E_{κιν1} = E_{δυν2} + E_{κιν2}$$



Ανακεφαλαίωση

- ▶ Η απόδοση ενός αναρριχητή οφείλεται σε 6 διαφορετικούς παράγοντες (τεχνική, τακτική, ψυχολογική κατάσταση, υπόβραθο, εξωτερικοί παράγοντες, φυσική κατάσταση)
- ▶ Η κίνηση ενός αναρριχητή χαρακτηρίζεται ως γενική (γραμμική + γωνιακή)
- ▶ Τα μηχανικά φορτία μπορεί να δεχτεί το ανθρώπινο σώμα είναι συμπίεση, εφελκυσμός, διάτμηση, στρέψη και κάμψη
- ▶ Οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα είναι σημαντικοί για ότι αναφορά κάθε κίνηση
- ▶ Η μεγιστοποίηση της τριβής είναι σκοπός στην αναρρίχηση
- ▶ Οι δυνάμεις που δρουν κατά την ανάβαση είναι το βάρος, η ελκτική δύναμη του σχοινιού, η τριβή, η δύναμη των άκρων στο βράχο και οι αντιδράσεις του βράχου πίσω στα άκρα
- ▶ Η σταθερότητα του αθλητή επηρεάζεται από τη μάζα του, την τριβή με τον τοίχο, το εμβαδόν της βάσης στήριξης του, την οριζόντια θέση και ύψος του ΚΒ σε σχέση με τη βάση στήριξης αλλά και την ψυχολογία του
- ▶ Για μεγιστοποίηση της ισορροπίας, ο αθλητής πρέπει να έχει μεγάλη βάση στήριξης και χαμηλό κέντρο βάρους
- ▶ Η μηχανική ενέργεια είναι το άθροισμα δυναμικής και κινητικής ενέργειας και παραμένει πάντοτε σταθερή



Βιβλιογραφία

- ▶ Hall S.J. (2002). *Basic Biomechanics*. McGraw-Hill Companies, USA
- ▶ Christofer J.L. (2005). *Biomechanics of Rock Climbing Technique*. White Rose Q ETheses Online. University of Leeds, University of York, University of Sheffield. Web. 30 Apr. 2015.
- ▶ “*The Physics of Rock Climbing* “. PhysicsEdu. 14 Sept. 2014. Web. 28 Apr. 2015.