



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

**ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΑΡΘΡΩΣΗ**

4.1 Ταξινόμηση Αρθρώσεων από Χώρον

Άρθρωση ονομάζεται η σύνδεση δύο οστών, η οποία ποικίλλει σε σταθερότητα και επιτρέπει διαφορετικό ή και καθόλου κατά περίπτωση, βαθμό ελευθερίας κίνησης.

Στις αρθρώσεις, όπως θα δούμε παρακάτω αλλά και σε άλλα μαθήματα, πραγματοποιούνται οι κινήσεις του ανθρώπινου σκελετού με τη βοήθεια των μυών.

Η κινητικότητα (δηλαδή η τροχιά στην οποία η άρθρωση μπορεί να κινηθεί) κάθε άρθρωσης ποικίλλει. Για παράδειγμα μεγαλύτερη κινητικότητα έχει η άρθρωση του ώμου από την άρθρωση του αγκώνα, όπως και η άρθρωση του αγκώνα έχει μεγαλύτερη κινητικότητα από την άρθρωση μεταξύ δύο σπονδύλων (μεσοσπονδύλια άρθρωση). Υπάρχουν βέβαια και αρθρώσεις οι οποίες επιτρέπουν καθόλου ή ελάχιστη κίνηση π.χ. οι ραφές μεταξύ των οστών του κρανίου (καθόλου) ή οι καρπομετακάρπιες εκτός του αντίχειρα (ελάχιστη κίνηση).

Οι αρθρώσεις χωρίζονται σε:

α) **διαρθρώσεις** και β) **συναρθρώσεις**.

Χαρακτηριστικά **διαρθρώσεων**:

- περιβάλλονται από συνδετικό ιστό
- οι αρθρικές επιφάνειες των οστών έχουν απόσταση μεταξύ τους και ορίζουν αρθρική κοιλότητα
- εκτελούν κινήσεις σε πολλές κατευθύνσεις

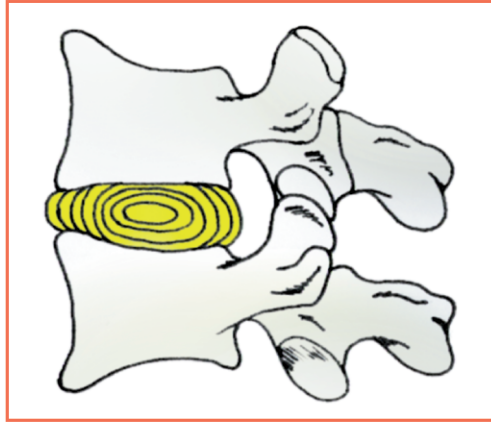
Χαρακτηριστικά **συναρθρώσεων**:

- τα οστά, τα οποία τις αποτελούν, συνδέονται μεταξύ τους λιγότερο ή περισσότερο σταθερά με παρεμβολή συνδετικού ιστού
- εκτελούν μικρή ως καθόλου κίνηση
- δεν ορίζουν αρθρική κοιλότητα

Οι συναρθρώσεις ανάλογα με τον ενδιάμεσο συνδετικό ιστό χωρίζονται σε:

Συνδεσμώνσεις: αυτές είναι οι συναρθρώσεις στις οποίες τα οστά συνδέονται μεταξύ τους με ινώδη συνδετικό ιστό (όπως οι ραφές που συνδέουν τα οστά του κρανίου).

Συγγονδρώσεις: αυτές είναι οι συναρθρώσεις στις οποίες τα οστά συνδέονται μεταξύ τους με χόνδρο (όπως οι αρθρώσεις μεταξύ των σωματιών των σπονδύλων - μεσοσπονδύλίες).

**ΕΙΚΟΝΑ 4.1**

Μεσοσπονδύλια άρθρωση - Συγχόνδρωση

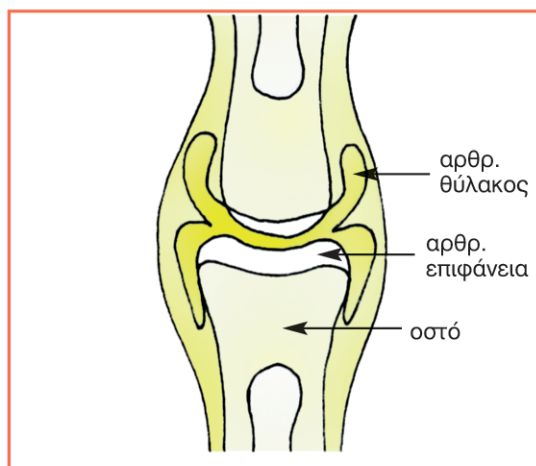
Συνοστεώσεις: είναι οι συναρθρώσεις στις οποίες τα οστά συνδέονται μεταξύ τους με οστίτη ιστό (όπως οι ιεροί και κοκκυγικοί σπόνδυλοι, τα ανώνυμα οστά κ.λπ.).

4.2 Περιγραφή μίας Τυπικής Αρθρώσης

Οι διαρθρώσεις είναι αυτές στις οποίες, όπως είπαμε, πραγματοποιείται η κίνηση του ανθρώπινου σώματος είτε τμηματικά (ένα μέλος, π.χ. χέρι) είτε σαν σύνολο (π.χ. το περπάτημα ή το τρέξιμο). Στην περιγραφή λοιπόν μιας τυπικής άρθρωσης θα εστιάσουμε την προσοχή μας στη διάρθρωση, καθώς λειτουργικά είναι πιο σημαντική από τα υπόλοιπα είδη των αρθρώσεων.

Τα βασικότερα στοιχεία μιας διάρθρωσης είναι:

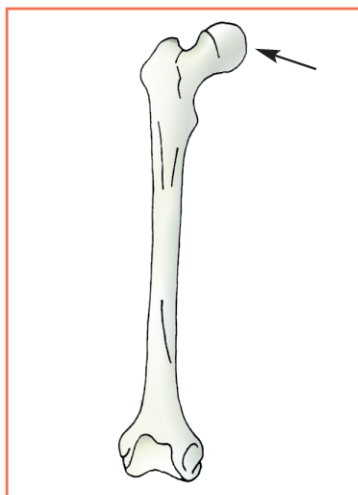
- οι αρθρικές επιφάνειες
- ο αρθρικός χόνδρος
- η αρθρική κοιλότητα
- το αρθρικό υγρό
- ο αρθρικός θύλακος
- οι σύνδεσμοι
- οι διάρθριοι χόνδροι και οι μηνίσκοι
- οι επιχείλιοι χόνδροι



ΕΙΚΟΝΑ 4.2

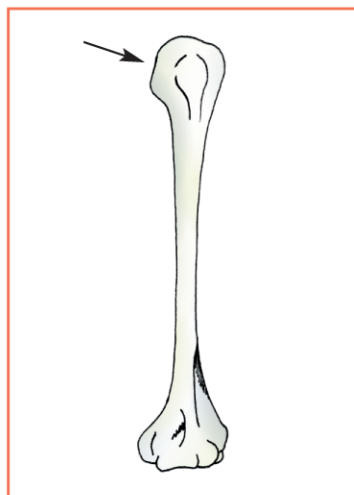
Σχηματική απεικόνιση τυπικής διάρθρωσης

Αρθρικές επιφάνειες ονομάζονται τα άκρα των οστών τα οποία αρθρώνονται για το σχηματισμό της άρθρωσης. Η αρθρική επιφάνεια του ενός οστού ταιριάζει ακριβώς ως προς το σχήμα, με την αρθρική επιφάνεια του άλλου οστού δηλαδή, αν στο ένα οστό είναι κοίλη, στο άλλο θα είναι κυρτή κ.λπ. Αρθρικές επιφάνειες είναι η **κεφαλή** του βραχιονίου οστού, η **κοτύλη** του ανώνυμου οστού, οι **γλήνες** της κνήμης κ.λπ.



ΕΙΚΟΝΑ 4.3

Μηριαίο οστό. Κεφαλή



ΕΙΚΟΝΑ 4.4

Βραχιόνιο οστό. Κεφαλή

Αρθρικός χόνδρος ονομάζεται το υλικό με το οποίο καλύπτονται οι αρθρικές επιφάνειες. Είναι λείος και ολισθηρός. Η χρησιμότητά του έγκειται στο ότι βοηθάει στην κινητικότητα των οστών που σχηματίζουν την άρθρωση και λόγω της ελαστικότητάς του εξαφανίζει τυχόν δυσαρμονίες στο σχήμα των αρθρικών επιφανειών.

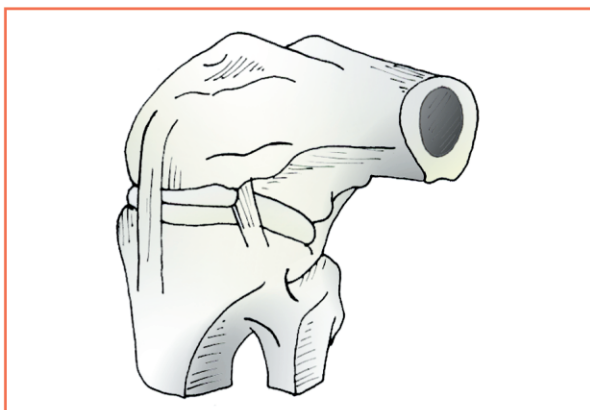
Αρθρική κοιλότητα ονομάζεται το διάστημα το οποίο ορίζεται μεταξύ των αρθρικών επιφανειών. Το διάστημα αυτό είναι ελάχιστο και ουσιαστικά οι αρθρικές επιφάνειες γλιστράνε η μια στην άλλη. Μέσα στην αρθρική κοιλότητα υπάρχει το αρθρικό υγρό (βλ. παρακάτω).

Αρθρικό υγρό ονομάζεται το υγρό το οποίο βρίσκεται μέσα στην αρθρική κοιλότητα. Αποτελείται σχεδόν στο σύνολό του από νερό. Η χρησιμότητά του έγκειται στο ότι λειτουργώντας σα λιπαντικό εμποδίζει την τριβή μεταξύ των αρθρικών επιφανειών και διευκολύνει την ολίσθηση μεταξύ τους.

Αρθρικός θύλακος ονομάζεται ο συνδετικός ιστός, ο οποίος περιβάλλει σαν "επίδεσμος" τα άκρα των οστών της άρθρωσης κοντά στις αρθρικές επιφάνειες. Ο αρθρικός θύλακος, ο οποίος είναι αρκετά ελαστικός, αποτελείται από δύο στιβάδες: την εξωτερική και την εσωτερική. Η εξωτερική στιβάδα ονομάζεται **ινώδης θύλακος**, ενώ η εσωτερική ονομάζεται **αρθρικός υμένας**. Ο αρθρικός θύλακος βοηθά στην καλύτερη συγκράτηση των οστών της άρθρωσης.

Σύνδεσμοι ονομάζονται οι δεσμίδες ινώδους συνδετικού ιστού των οσίων τα άκρα είναι συνδεδεμένα στα οστά που σχηματίζουν την άρθρωση. Πολλές φορές οι ίνες των συνδέσμων διαπλέκονται με τον αρθρικό θύλακο και τον ενισχύουν. Οι σύνδεσμοι δε διαθέτουν παρά ελάχιστη ελαστικότητα και γι' αυτό είναι σχετικά εύκολο, κατά την απότομη διάτασή τους, να υποστούν ρήξη (διάστρεμμα). Η αποστολή των συνδέσμων έγκειται στα εξής:

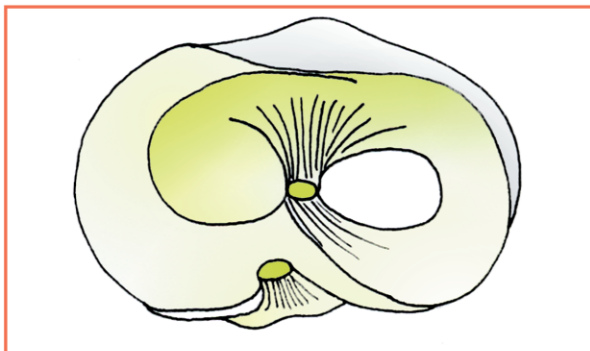
- ενίσχυση του αρθρικού θύλακα
- συγκράτηση των οστών και των αρθρικών επιφανειών
- περιορισμό των υπερβολικών καθώς και των αφύσικων κινήσεων της άρθρωσης

**ΕΙΚΟΝΑ 4.5**

Η άρθρωση του γόνατος με ορατούς κάποιους από τους συνδέσμους της

Διάρθριοι χόνδροι και μηνίσκοι

Οι διάρθριοι χόνδροι είναι δίσκοι οι οποίοι βρίσκονται μέσα στην αρθρική κοιλότητα και ανάμεσα στις αρθρικές επιφάνειες. Χρησιμεύουν για να εξαφανίζουν την έλλειψη αρμονίας ανάμεσα στις αρθρικές επιφάνειες, καθώς και για να απορροφούν τους κραδασμούς και τις πλήξεις στις αρθρώσεις. Τέτοιοι χόνδροι βρίσκονται στην ηβική σύμφυση, την κροταφογοναθική άρθρωση, τη στερνοκλειδική και τις αρθρώσεις μεταξύ των σωμάτων των σπονδύλων. Μορφή διάρθριων χόνδρων αποτελούν και οι μηνίσκοι της άρθρωσης του γόνατος.

**ΕΙΚΟΝΑ 4.6**

Οι μηνίσκοι του γόνατος όπως φαίνονται από πάνω

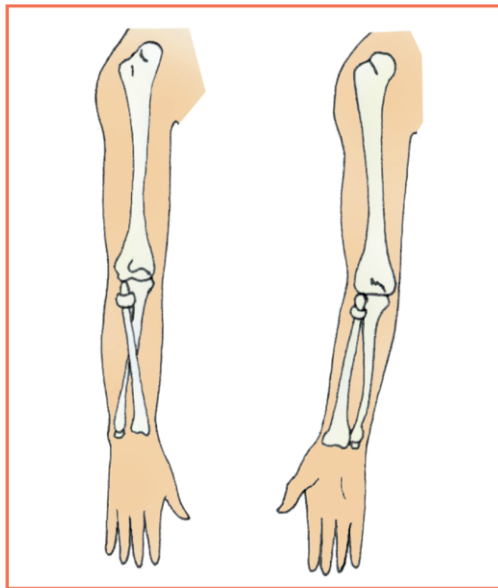
Επιχείλιοι χόνδροι

Οι επιχείλιοι χόνδροι είναι ινοχόνδρινοι δακτύλιοι οι οποίοι προσφύονται κυκλικά γύρω από κάποιες αρθρικές επιφάνειες με σκοπό να αυξήσουν την έκταση και το βάθος τους. Τέτοιοι χόνδροι βρίσκονται στην ωμογλήνη της ωμοπλάτης και στην κοτύλη του ανωνύμου οστού.

Είδη διαρθρώσεων

Οι διαρθρώσεις ανάλογα με την κινητικότητά τους και ανάλογα με το σχήμα των αρθρικών επιφανειών μπορούν να ταξινομηθούν σε κάποια επιμέρους είδη:

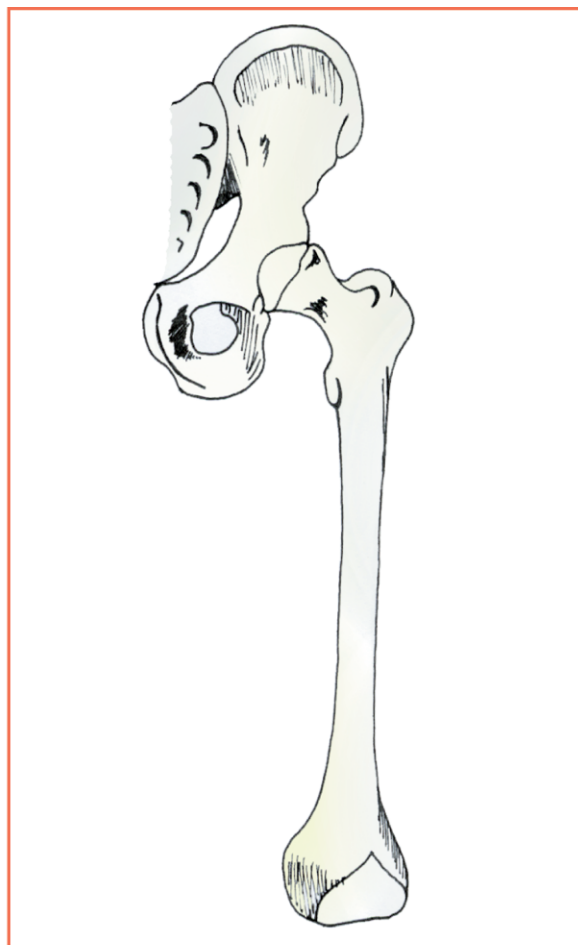
- **γωνιώδης ή γίγγλυμη** είναι αυτή της οποίας οι αρθρικές επιφάνειες έχουν σχήμα τροχιλίας η μία και εντομής η άλλη και η οποία εκτελεί κινήσεις γύρω από έναν άξονα. Τέτοια άρθρωση είναι η βραχιονοωλενική (αγκώνας).
- **τροχοειδής** είναι αυτή της οποίας οι αρθρικές επιφάνειες έχουν σχήμα τροχού η μία και κοιλότητας η άλλη και η οποία εκτελεί κινήσεις στροφικές γύρω από έναν άξονα. Τέτοια άρθρωση είναι η κερκιδωλενική.



ΕΙΚΟΝΑ 4.7

Αγκώνας. Βραχιονοωλενική και κερκιδωλενική άρθρωση

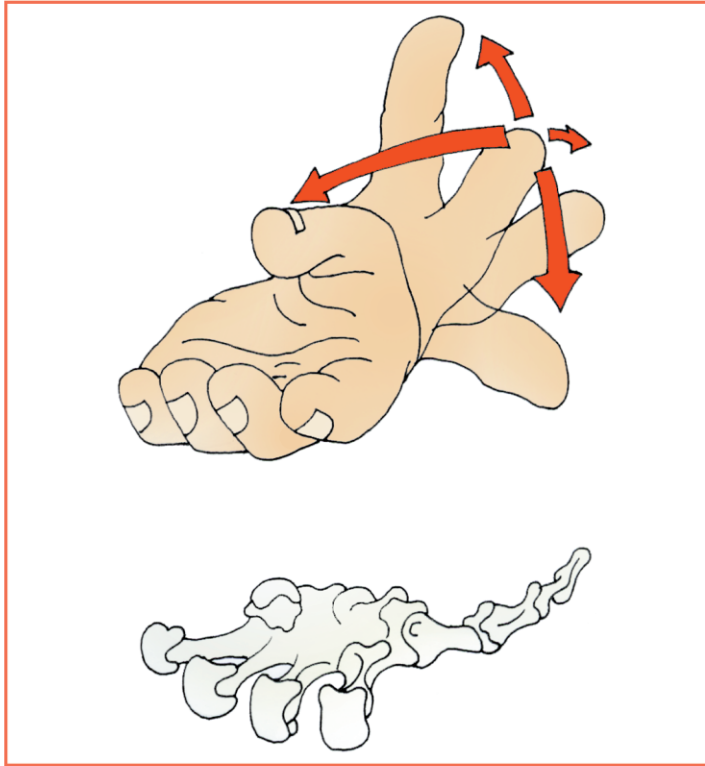
- **σφαιροειδής** είναι αυτή της οποίας οι αρθρικές επιφάνειες έχουν σχήμα σφαίρας η μία και κοιλότητας η άλλη και η οποία εκτελεί κινήσεις σε πολλούς άξονες. Είναι από τις πλέον ευκίνητες αρθρώσεις. Τέτοια είναι η άρθρωση του ώμου και του ισχίου.



ΕΙΚΟΝΑ 4.8

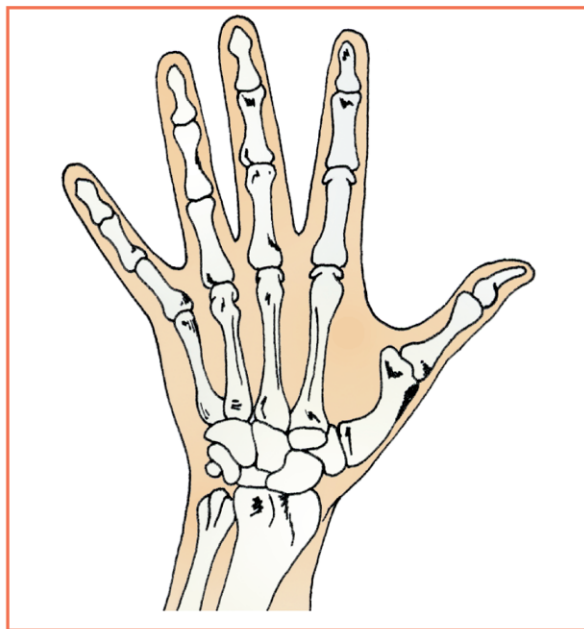
Άρθρωση του ισχίου. Σφαιροειδής

- **επιπυοειδής** είναι αυτή της οποίας οι αρθρικές επιφάνειες θυμίζουν σέλλα (επίπυο). Εκτελεί κινήσεις σε δύο άξονες. Τέτοια είναι η καρπομετακάρπια του αντίχειρα.

**ΕΙΚΟΝΑ 4.9**

Καρπομετακάρπια άρθρωση του αντίχειρα. Εφιππιοειδής

- **κονδυλοειδής ή ελλειψοειδής** είναι αυτή της οποίας οι αρθρικές επιφάνειες έχουν σχήμα ωοειδές. Εκτελεί κινήσεις σε δύο άξονες με σχετικά μεγάλο εύρος. Τέτοια άρθρωση είναι η πηχεοκαρπική.

**ΕΙΚΟΝΑ 4.10**

Πηγεοκαρπική άρθρωση. Κονδυλοειδής ή ελλειψοειδής

- **επίπεδη ή ανώμαλη** είναι αυτή της οποίας οι αρθρικές επιφάνειες είναι επίπεδες ή ανώμαλες. Εκτελεί μικρές κινήσεις ολίσθησης. Τέτοιες αρθρώσεις είναι οι μεταξύ των οστών του καρπού (μεσοκάρπιες), μεταξύ των οστών του τάρσους (μεσοτάρσιες) και μεταξύ των σωμάτων των σπονδύλων (μεσοσπονδύλιες).

Όπως εύκολα μπορεί να αντιληφθεί κάποιος, η διάρθρωση σαν αρχιτεκτονικό κατασκεύασμα είναι ιδιαίτερα μελετημένη, όσον αφορά την αποστολή της, η οποία είναι η κίνηση των οστών που την αποτελούν. Γι' αυτό και υπάρχουν όλα τα βοηθητικά στοιχεία της, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, τα οποία συμβάλλουν ιδιαίτερα στη λειτουργία της.

4.3 Λειτουργία των Αρθρώσεων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η βασική λειτουργία των αρθρώσεων είναι να προσδίδουν κινητικότητα στο σκελετό, ώστε να επιτυγχά-

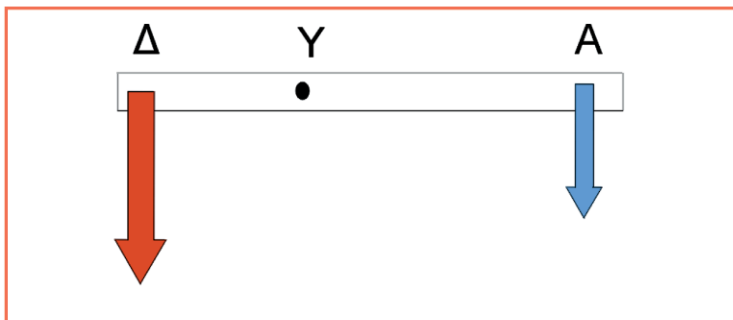
νεται η κίνηση των μελών του σώματος. Αν θέλαμε να περιγράψουμε πώς ακριβώς γίνεται αυτό θα λέγαμε τα εξής:

- Με τη σύσπαση των μυών τα οστά αρχίζουν να κινούνται.
- Οι αρθρικές επιφάνειες ολισθαίνουν η μία στην άλλη.
- Ο αρθρικός χόνδρος και το αρθρικό υγρό εμποδίζουν την τριβή μεταξύ των αρθρικών επιφανειών.
- Οι μηνίσκοι (αν υπάρχουν) απορροφούν τις πλήξεις.
- Οι σύνδεσμοι, αν χρειαστεί, θα περιορίσουν την υπερβολική κίνηση.
- Η κίνηση των οστών θα ολοκληρωθεί ανάλογα με τις εντολές που έχουν δεχθεί οι μύες από το κεντρικό νευρικό σύστημα.

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να γίνει σε πολλές αρθρώσεις ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να εκτελούνται ιδιαίτερα περίπλοκες κινήσεις που αφορούν πολλές αρθρώσεις ενός μέλους (π.χ. οι αρθρώσεις της άκρας χειρός ενός πιανίστα) ή και ολόκληρου του σώματος (π.χ. οι αρθρώσεις του σώματος ενός αθλητή της ενόργανης γυμναστικής). Βέβαια, για να ακριβολογούμε, για τα παραπάνω κυρίως υπεύθυνο είναι το νευρικό και το μυϊκό σύστημα τα οποία κινούν το ερειστικό σύστημα, όμως απαραίτητη είναι και η κατασκευαστική και λειτουργική αρτιότητα του ερειστικού.

4.4 Μοχλοί

Μοχλός, σύμφωνα με τη Φυσική, είναι μια απλή μηχανή η οποία αποτελείται από ένα άκαμπτο σώμα, το οποίο έχει τη δυνατότητα περιστροφής γύρω από έναν άξονα ή ένα σημείο του άξονα (υπομόχλιο).



ΕΙΚΟΝΑ 4.11

Σχηματική απεικόνιση μοχλού

Η περιστροφή αυτή γίνεται με την επίδραση δύο ανταγωνιστικών δυνάμεων, οι οποίες εφαρμόζονται σε δύο διαφορετικά σημεία (με τον όρο ανταγωνιστικές δυνάμεις εννοούμε ότι η καθεμία τείνει να προκαλέσει αντίθετη περιστροφή από την άλλη). Θα μπορούσαμε επίσης να χαρακτηρίσουμε το μοχλό σαν μία διάταξη η οποία μπορεί να μεταδώσει ενέργεια και να παράγει έργο. Στην καθημερινή μας ζωή, όπως θα δούμε και παρακάτω, είναι πολλά τα παραδείγματα της εφαρμογής των μοχλών, θα εστιάσουμε όμως την προσοχή μας στην εφαρμογή των μοχλών στο μυοσκελετικό σύστημα, δηλαδή στα οστά, τις συνδέσεις τους (αρθρώσεις) καθώς και στους μυς, οι οποίοι κινούν τις αρθρώσεις.

Τα στοιχεία τα οποία διακρίνουμε σε ένα μοχλό είναι τα εξής (βλ. σχήμα):

- **Υπομόχλιο**
- **Δύναμη**
- **Αντίσταση**
- **Βραχίονας δύναμης ή μοχλοβραχίονας δύναμης**
- **Βραχίονας αντίστασης ή μοχλοβραχίονας αντίστασης**

Υπομόχλιο ονομάζεται το σταθερό σημείο γύρω από το οποίο περιστρέφεται το άκαμπτο σώμα (**Υ**)

Δύναμη και **αντίσταση** είναι οι δύο ανταγωνιστικές δυνάμεις που εφαρμόζονται στο μοχλό, σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό (**Δ,Α**).

Βραχίονας ή μοχλοβραχίονας δύναμης είναι η κάθετη απόσταση του σημείου εφαρμογής της δύναμης από το υπομόχλιο (**Βραχ. Δ**).

Βραχίονας ή μοχλοβραχίονας αντίστασης είναι η κάθετη απόσταση του σημείου εφαρμογής της αντίστασης από το υπομόχλιο (**Βραχ. Α**).

Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, η Δύναμη όπως και η Αντίσταση εκφράζονται με μονάδες δύναμης, ενώ οι Βραχίονες ή Μοχλοβραχίονες Δύναμης και Αντίστασης εκφράζονται με μονάδες απόστασης.

Συνθήκη ισορροπίας μοχλών

Ένας μοχλός, ισορροπεί όταν η **Ροπή της Δύναμης** και η **Ροπή της Αντίστασης** είναι ίσες. Υπενθυμίζεται εδώ ότι ως Ροπή ορίζεται το γινόμενο της Δύναμης επί την απόσταση. Με άλλα λόγια ισορροπία ενός μοχλού υπάρχει, όταν το γινόμενο της Δύναμης επί το Βραχίονα Δύναμης είναι ίσο με το γινόμενο της Αντίστασης επί το Βραχίονα Αντίστασης ή όταν η **Ροπή** την οποία ασκεί η δύναμη στο μοχλό είναι ίση με τη **Ροπή** την οποία ασκεί η αντίσταση στο μοχλό αυτό.

Ροπή Δύναμης = Ροπή Αντίστασης

Δύναμη x Βραχίονας Δυν = Αντίσταση x Βραχίονας Αντ

ή

Δύναμη x Βραχ.Δυν. = Αντίσταση x Βραχ. Αντ

ή

$\Delta \times \text{Βραχ. } \Delta = A \times \text{Βραχ. } A$

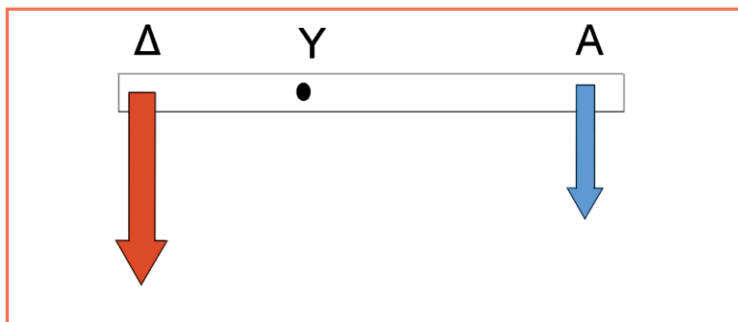
Αυτονόητο είναι ότι, αν το ένα γινόμενο είναι μεγαλύτερο από το άλλο, θα γίνει κίνηση του μοχλού προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Δηλαδή, αν το γινόμενο $\Delta \times \text{Βραχ.}\Delta$ είναι μεγαλύτερο από το γινόμενο $A \times \text{Βραχ.}A$, τότε ο μοχλός θα κινηθεί προς την κατεύθυνση της Δύναμης ($\Delta \times \text{Βραχ.}\Delta > A \times \text{Βραχ.}A$). Σε αντίθετη περίπτωση ο μοχλός θα κινηθεί προς την κατεύθυνση της Αντίστασης ($\Delta \times \text{Βραχ.}\Delta < A \times \text{Βραχ.}A$).

Είδη μοχλών

Υπάρχουν τρία είδη μοχλών. Οι σχετικές θέσεις της Δύναμης, της Αντίστασης και του Υπομοχλίου είναι αυτές που καθορίζουν σε ποιο είδος ανήκει ένας μοχλός.

Μοχλός 1^{ου} είδους είναι αυτός στον οποίο το Υπομόχλιο βρίσκεται ανάμεσα στην Δύναμη και την Αντίσταση:

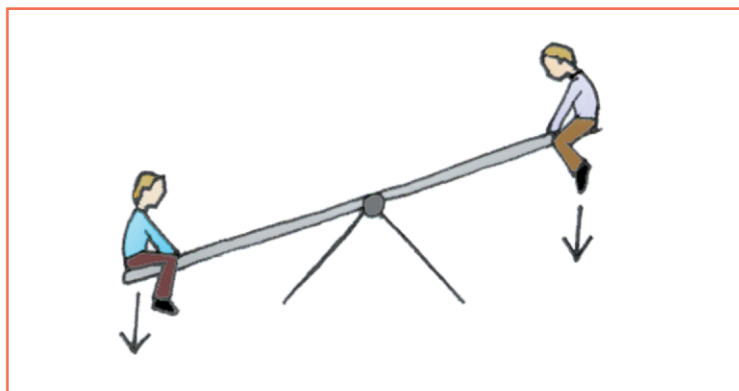
$\Delta - Y - A$ ή $A - Y - \Delta$



ΕΙΚΟΝΑ 4.12

Σχηματική απεικόνιση μοχλού 1ου είδους

Παράδειγμα μοχλού 1^{ου} είδους από την καθημερινή ζωή είναι η τραπεζα.

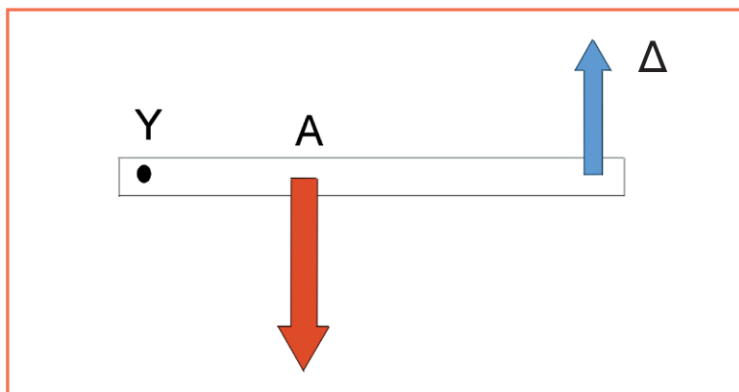
**ΕΙΚΟΝΑ 4.13**

Η τραμπάλα είναι μοχλός 1^{ου} είδους

Στο μοχλό 1^{ου} είδους ο Βραχίονας Δύναμης μπορεί να είναι μεγαλύτερος, ίσος ή μικρότερος από το Βραχίονα Αντίστασης.

Μοχλός 2^{ου} είδους είναι αυτός στον οποίο η Αντίσταση βρίσκεται ανάμεσα στην Δύναμη και το Υπομόχλιο:

$$Y - A - \Delta \quad \text{ή} \quad \Delta - A - Y$$

**ΕΙΚΟΝΑ 4.14**

Σχηματική απεικόνιση μοχλού 2^{ου} είδους

Παράδειγμα μοχλού 2^{ου} είδους από την καθημερινή ζωή είναι η χειράμαξα (καρότσι).

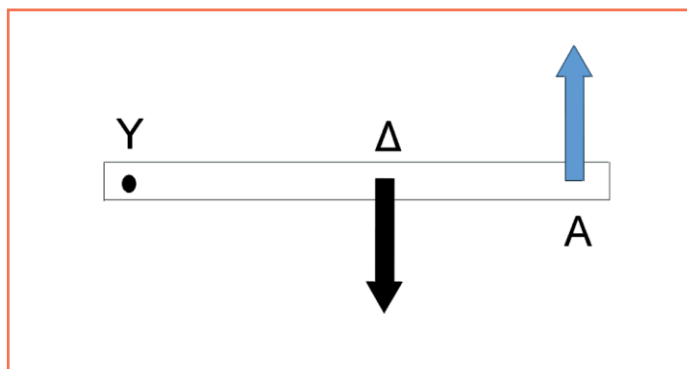
**ΕΙΚΟΝΑ 4.15**

Το καρότσι είναι μοχλός 2^{ου} είδους

Στον μοχλό 2^{ου} είδους ο Βραχίονας Δύναμης είναι πάντα μεγαλύτερος από το Βραχίονα Αντίστασης.

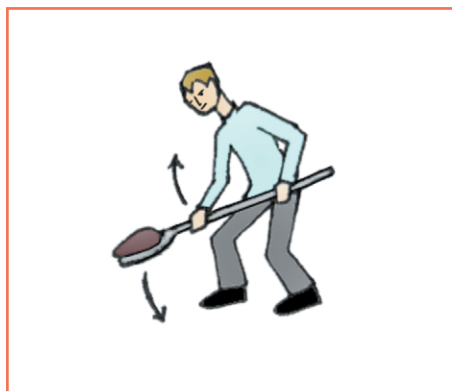
Μοχλός 3^{ου} είδους είναι αυτός στον οποίο η Δύναμη βρίσκεται ανάμεσα στην Αντίσταση και το Υπομόχλιο:

$$Υ - Δ - Α \quad \text{ή} \quad Α - Δ - Υ$$

**ΕΙΚΟΝΑ 4.16**

Σχηματική απεικόνιση μοχλού 3^{ου} είδους

Παράδειγμα μοχλού 3^{ου} είδους από την καθημερινή ζωή είναι το φτυάρι.

**ΕΙΚΟΝΑ 4.17**

Χρησιμοποιώντας το φτυάρι σχηματίζουμε μοχλό 3^{ου} είδους

Στο μοχλό 3^{ου} είδους ο Βραχίονας Αντίστασης είναι πάντα μεγαλύτερος από το Βραχίονα Δύναμης.

Παρατηρήσεις πάνω στα τρία είδη των μοχλών

- Ο μοχλός 2^{ου} είδους έχει τη δυνατότητα να παράγει μεγάλο έργο, διότι έχει μεγαλύτερο Βραχίονα Δύναμης. Μπορεί λοιπόν να χαρακτηριστεί σαν **Μοχλός Δύναμης**.
- Ο μοχλός 3^{ου} είδους αντίθετα θυσιάζει τη Δύναμη χάριν της ταχύτητας. Μπορεί λοιπόν να χαρακτηριστεί σαν **μοχλός Ταχύτητας**.
- Στο μοχλό 1^{ου} είδους ο Βραχίονας Δύναμης και ο Βραχίονας Αντίστασης μπορούν να έχουν οποιαδήποτε σχέση μεταξύ τους ($\text{Βραχ.}\Delta > \text{Βραχ.}A$, $\text{Βραχ.}\Delta < \text{Βραχ.}A$, $\text{Βραχ.}\Delta = \text{Βραχ.}A$). Επομένως η ισορροπία του μοχλού επιτυγχάνεται και με οποιαδήποτε σχέση της Δύναμης με την Αντίσταση ($\Delta > A$, $\Delta < A$, $\Delta = A$).
- Στο μοχλό 2^{ου} είδους ο Βραχίονας Δύναμης είναι πάντα μεγαλύτερος από το Βραχίονα Αντίστασης επομένως, για να ισορροπήσει ο μοχλός, πρέπει η Αντίσταση να είναι πιο μεγάλη σαν μέγεθος από τη Δύναμη ($A > \Delta$).
- Στο μοχλό 3^{ου} είδους ο Βραχίονας Αντίστασης είναι πάντα μεγαλύ-

τερος από το Βραχίονα Δύναμης επομένως, για να ισορροπήσει ο μοχλός, πρέπει η Δύναμη να είναι πιο μεγάλη σε μέγεθος από την Αντίσταση.

- Αν στο μοχλό 2^{ου} είδους η Δύναμη είναι μεγαλύτερη από την Αντίσταση ($\Delta > A$) έστω και ελάχιστα, τότε ο μοχλός θα κινηθεί προς τη φορά της Δύναμης.
- Αν στο μοχλό 3^{ου} είδους η Αντίσταση είναι μεγαλύτερη από τη Δύναμη ($A > \Delta$) έστω και ελάχιστα, τότε ο μοχλός θα κινηθεί προς τη φορά της Αντίστασης.
- Στο μοχλό 1^{ου} είδους, με οποιαδήποτε σχέση μεταξύ της Δύναμης και της Αντίστασης, δεν ξέρουμε (εκτός αν υπολογίσουμε) τη φορά στην οποία θα κινηθεί ο μοχλός, γιατί οποιοσδήποτε από τους δύο Βραχίονες μπορεί να είναι μεγαλύτερος από τον άλλο.

Ασκήσεις σχετικές με τους μοχλούς

Άσκηση 1η

Σε μοχλό 1^{ου} είδους η Δύναμη είναι 20 Kgr, ο Βραχίονας Δύναμης 50 cm και ο Βραχίονας Αντίστασης 40 cm. Πόση πρέπει να είναι η Αντίσταση, ώστε ο μοχλός να ισορροπήσει;

Απάντηση

Αφού γνωρίζουμε τα τρία από τα τέσσερα στοιχεία του μοχλού, μπορούμε να εφαρμόσουμε τη γνωστή εξίσωση των μοχλών, δηλ. $\Delta = 20 \text{ Kgr}$

$$\text{Βραχ.}\Delta = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Βραχ.}A = 40 \text{ cm}$$

$$A = ;$$

$\Delta \times \text{Βραχ.} \Delta = A \times \text{Βραχ.} A$ αντικαθιστώντας έχουμε

$$20 \text{ Kgr} \times 50 \text{ cm} = A \times 40 \text{ cm}$$

και λύνοντας ως προς A έχουμε

$A = 1000 / 40 = \mathbf{25 \text{ Kgr}}$ Επομένως για να ισορροπήσει ο μοχλός πρέπει, η Αντίσταση να είναι $A = 25 \text{ Kgr}$.

Άσκηση 2η

Σε μοχλό 3^{ου} είδους, πόσος τουλάχιστον πρέπει να είναι ο Βραχίονας Δύναμης για να κινηθεί ο μοχλός προς τη φορά της Δύναμης, αν τα υπό-

λοιπα στοιχεία του μοχλού είναι: Δύναμη 30 kgr, Αντίσταση 15 kgr, Βραχίονας Αντίστασης 80 cm;

Απάντηση

Αφού γνωρίζουμε τα τρία από τα τέσσερα στοιχεία του μοχλού μπορούμε να εφαρμόσουμε τη γνωστή σχέση των μοχλών, δηλ.

$$\Delta = 30 \text{ Kgr}$$

$$A = 15 \text{ Kgr}$$

$$\text{Βραχ.}A = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Βραχ.}\Delta = ;$$

$$\Delta \times \text{Βραχ.} \Delta > A \times \text{Βραχ.} A \text{ αντικαθιστώντας έχουμε } 30 \text{ Kgr} \times \text{Βραχ.} \Delta > 15 \text{ Kgr} \times 80 \text{ cm}$$

και λύνοντας ως προς Βραχ.Δ έχουμε

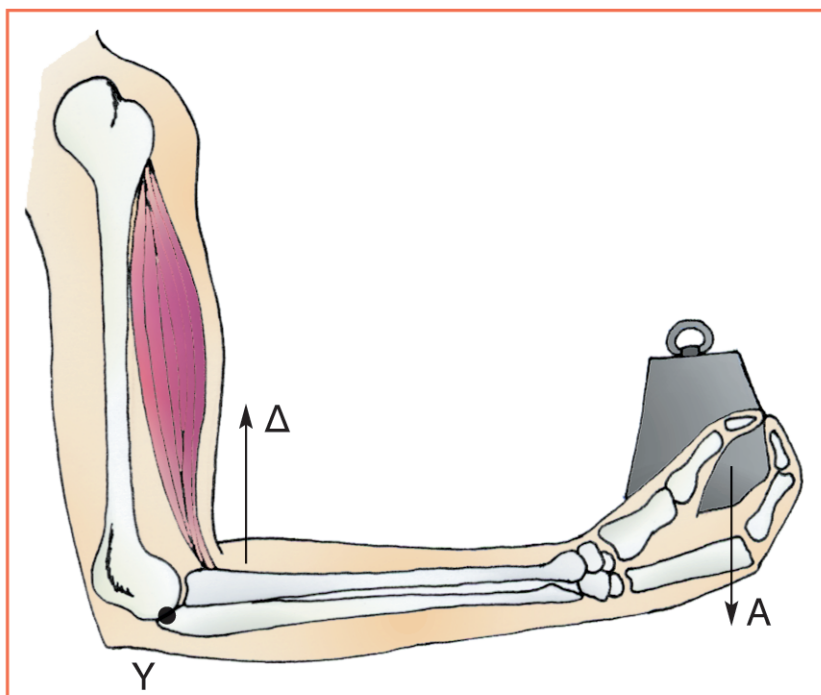
$$\text{Βραχ.} \Delta > 1200 / 30 > 40 \text{ cm}$$

Επομένως για να κινηθεί ο μοχλός προς τη φορά της Δύναμης πρέπει αυτή να εφαρμοσθεί σε απόσταση μεγαλύτερη από 40 cm, από το Υπομόχλιο, δηλαδή ο Βραχίονας της Δύναμης να είναι τουλάχιστον 40 cm, $\text{Βραχ.}\Delta > 40 \text{ cm}$.

Εφαρμογή της θεωρίας των μοχλών στο μυοσκελετικό σύστημα

Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με τους μοχλούς έχουν εφαρμογή στο μυοσκελετικό σύστημα. Λαμβάνοντας υπόψη μας μια τυπική διάρθρωση με τους μυς, οι οποίοι την κινούν, μπορούμε να ορίσουμε τα στοιχεία που έχει ένας μοχλός ως εξής:

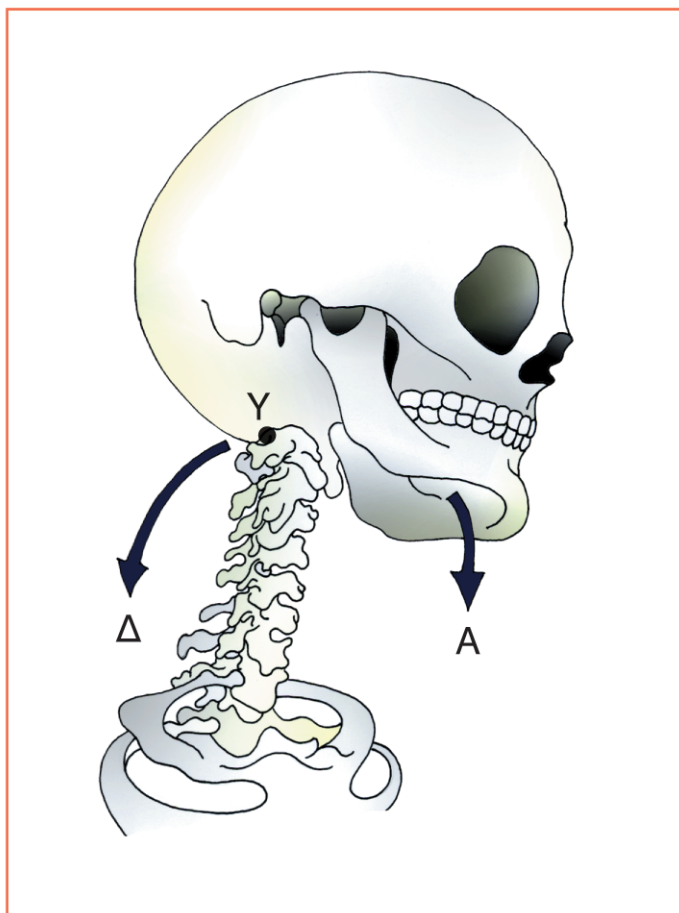
- **Υπομόχλιο** είναι η άρθρωση.
- **Δύναμη** είναι η ελκτική Δύναμη του μυ ή των μυών οι οποίοι κινούν την άρθρωση.
- **Αντίσταση** είναι το βάρος του μέλους.
- **Βραχίονας Δύναμης** είναι η απόσταση του σημείου ή των σημείων στα οποία καταφύεται ο μυς, από την άρθρωση, δηλαδή από το Υπομόχλιο.
- **Βραχίονας Αντίστασης** είναι η απόσταση του Κέντρου Βάρους του μέλους, από την άρθρωση, δηλαδή από το Υπομόχλιο.

**ΕΙΚΟΝΑ 4.18**

Σχηματική απεικόνιση της εφαρμογής των μοχλών στο μυοσκελετικό σύστημα

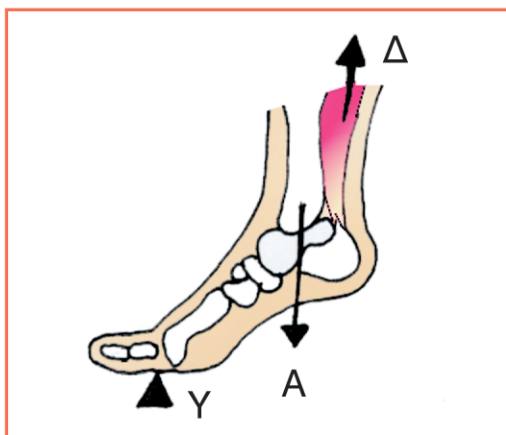
Πρέπει να τονίσουμε, όσον αφορά το Βραχίονα Δύναμης, ότι ο ορισμός του ως απόσταση της κατάφυσής του μυός από την άρθρωση είναι κάπως απλουστευτικός για τον απλό λόγο ότι σχεδόν σε όλες τις αρθρώσεις δεν υπάρχει μόνο ένας μυς αλλά περισσότεροι. Ο υπολογισμός λοιπόν του ακριβούς Βραχίονα Δύναμης είναι αρκετά πολύπλοκη διαδικασία η περιγραφή της οποίας σίγουρα δεν έχει θέση στο συγκεκριμένο βιβλίο. Για εκπαιδευτικούς λόγους λοιπόν θεωρούμε το Βραχίονα Δύναμης με τον τρόπο που προαναφέρθηκε.

Παράδειγμα μοχλού 1^{ου} είδους έχουμε στην κίνηση της έκτασης του κεφαλιού, όπου το Υπομόχλιο είναι στην ατλαντοϊνιακή άρθρωση, η Δύναμη είναι η έλξη των εκτεινόντων μυών και Αντίσταση είναι το βάρος (του κεφαλιού).

**ΕΙΚΟΝΑ 4.19**

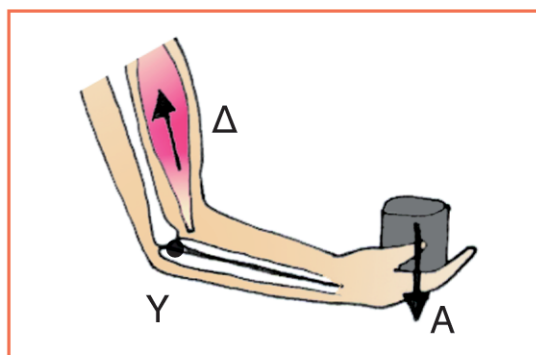
Στην έκταση του κεφαλιού σχηματίζεται μοχλός 1^{ου} είδους

Παράδειγμα μοχλού 2^{ου} είδους έχουμε στην ποδοκνημική άρθρωση, όταν αυτή εκτελεί πελματιαία κάμψη, όπου το Υπομόχλιο είναι στο σημείο επαφής των κεφαλών των μεταταρσίων με το έδαφος, Δύναμη είναι η έλξη των πελματιαίων καμπτήρων και Αντίσταση είναι το βάρος του σώματος.

**ΕΙΚΟΝΑ 4.20**

Στην πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής άρθρωσης σχηματίζεται μοχλός 2^{ου} είδους

Παράδειγμα μοχλού 3^{ου} είδους έχουμε στην άρθρωση του αγκώνα, όταν εκτελεί κάμψη, όπου το Υπομόχλιο είναι στην άρθρωση, η Δύναμη είναι η έλξη των καμπτήρων μυών και Αντίσταση είναι το βάρος του αντιβραχίου (το κέντρο βάρους του αντιβραχίου για την ακρίβεια).

**ΕΙΚΟΝΑ 4.21**

Στην κάμψη αγκώνα σχηματίζεται μοχλός 3^{ου} είδους

Το ανθρώπινο μυοσκελετικό σύστημα είναι φτωχό σε μοχλούς 1^{ου} και 2^{ου} είδους και στη συντριπτική του πλειοψηφία έχει μοχλούς 3^{ου} είδους (δηλαδή μοχλούς ταχύτητας). Κατασκευαστικά λοιπόν είμαστε σχεδιασμένοι για να εκτελούμε κινήσεις με ταχύτητα μάλλον παρά με δύναμη.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ

Γενικές κατευθύνσεις

Στο εργαστηριακό μέρος αυτής της ενότητας σε πρώτη φάση θα έρθουμε σε επαφή με την άρθρωση μέσω ανατομικών χαρτών, προπλάσμάτων αρθρώσεων και του σκελετού. Παράλληλα με την θεωρητική γνώση των διαφόρων ειδών των αρθρώσεων θα έχουμε την ευκαιρία να τις δούμε στις πραγματικές διαστάσεις τους, στο σκελετό και στα διάφορα προπλάσματα.

Ένα άλλο στοιχείο το οποίο θα γίνει καλύτερα κατανοητό στο εργαστήριο είναι ο βαθμός κίνησης των διαφόρων ειδών αρθρώσεων καθώς και ο λόγος που δεν έχουν όλες οι αρθρώσεις τον ίδιο βαθμό κινητικότητας. Το παραπάνω στοιχείο θα το συγκρίνουμε με κινήσεις πάνω στο σώμα, ώστε να υπάρξει καλύτερη κατανόηση. Στις παραπάνω δραστηριότητες θα δοθεί έμφαση και ιδιαίτερο βάρος στις διαρθρώσεις και στα διάφορα είδη τους. Επίσης θα παρουσιάσουμε στο σκελετό και στα προπλάσματα τα στοιχεία μιας διάρθρωσης όπως αυτά έχουν αναφερθεί στη θεωρία (αρθρικές επιφάνειες, σύνδεσμοι, μηνίσκοι κ.λπ.).

Όσον αφορά τους μοχλούς, στο εργαστηριακό μέρος, μπορούμε να παρουσιάσουμε απλά παραδείγματα μοχλών με τη χρήση π.χ. μιας ράβδου. Πάνω στα παραδείγματα αυτά θα πρέπει να επισημάνουμε τα στοιχεία που βλέπουμε σε ένα μοχλό (Δύναμη, Αντίσταση, Βραχίονες Δύναμης και Αντίστασης, Υπομόχλιο). Επίσης θα παρουσιάσουμε και τα τρία είδη των μοχλών και πάνω σε αυτά θα επιλύσουμε πρακτικά διάφορες ασκήσεις (π.χ. με μετακίνηση του Υπομοχλίου άρα αλλαγή στους Βραχίονες Δύναμης και Αντίστασης, πώς αλλάζει η κίνηση ή η ισορροπία του μοχλού κ.λπ.). Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε την εφαρμογή των μοχλών σε μία άρθρωση αρχικά και στη συνέχεια και σε άλλες αρθρώσεις του σώματος. Και εδώ επίσης θα επιλύσουμε διάφορες ασκήσεις μοχλών πάνω σε διάφορες αρθρώσεις.

1^ο Παράδειγμα άσκησης εφαρμογής μοχλών

Έστω ένας άνθρωπος ο οποίος κάθετα σε μια καρέκλα ψηλή τόσο ώστε τα πόδια του να μην ακουμπάνε στο έδαφος. Του ζητάμε το

ένα πόδι του να είναι τελείως τεντωμένο στην άρθρωση του γόνατος. Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω η άρθρωση αποτελεί ένα σύστημα μοχλού και συγκεκριμένα είναι μοχλός 3^{ου} είδους. Πραγματικά, αν παρατηρήσουμε προσεκτικά θα δούμε ότι η άρθρωση του γόνατος αποτελεί το υπομόχλιο, το βάρος του μέλους (δηλαδή της κνήμης) αποτελεί την αντίσταση και η έλξη του τετρακέφαλου, ο οποίος καταφύεται στο πάνω μέρος της κνήμης αποτελεί την δύναμη. Επίσης η απόσταση της κατάφυσης του τετρακέφαλου από την άρθρωση αποτελεί τον βραχίονα δύναμης και η απόσταση του κέντρου βάρους του μέλους (κνήμης) από την άρθρωση αποτελεί τον βραχίονα αντίστασης. Αφού το σημείο κατάφυσης του τετρακέφαλου είναι ανάμεσα στο υπομόχλιο και την αντίσταση (το σημείο εφαρμογής της οποίας είναι κάπου χαμηλά στην κνήμη), μιλάμε για ένα μοχλό 3^{ου} είδους.

Πάνω στο τεντωμένο πόδι (γόνατο σε θέση έκτασης) και στο ύψος της ποδοκνημικής άρθρωσης εφαρμόζουμε ένα σταθερό βάρος (π.χ. 10 κιλά). Ζητάμε από τον συμμετέχοντα στην άσκηση να κρατήσει το πόδι του τεντωμένο και να εκτιμήσει περίπου τη δυσκολία ή ευκολία με την οποία το κάνει αυτό. Στη συνέχεια το ίδιο βάρος το μετακινούμε και το εφαρμόζουμε πιο κοντά στο γόνατο. Ζητάμε ξανά να κρατήσει το πόδι τεντωμένο και να εκτιμήσει το πόσο εύκολα ή δύσκολα το κάνει. Η απάντηση που θα πάρουμε είναι ότι τη δεύτερη φορά του φάνηκε πιο εύκολο αυτό που είχε να κάνει. Η εξήγηση έχει ως εξής:

Όπως είπαμε, η άρθρωση του γόνατος αποτελεί σύστημα μοχλού 3^{ου} είδους. Επίσης ορίσαμε τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν ένα μοχλό (δύναμη, αντίσταση, υπομόχλιο κ.λπ.). Ο συγκεκριμένος μοχλός δεν κινήθηκε, δηλαδή ισορροπούσε. Αυτό σημαίνει ότι η ροπή της δύναμης και η ροπή της αντίστασης ήταν ίσες. Από όλα τα στοιχεία του μοχλού αυτό που διαφοροποιήθηκε τη δεύτερη φορά, με την μετακίνηση του σταθερού βάρους, ήταν η απόσταση της αντίστασης από το υπομόχλιο, δηλαδή ο βραχίονας αντίστασης. Συγκεκριμένα ο βραχίονας αντίστασης μίκρυνε, άρα και η ροπή της αντίστασης ελαττώθηκε. Επομένως για να υπάρξει ισορροπία στον μοχλό η ροπή της δύναμης έπρεπε επίσης να ελαττωθεί. Αφού λοιπόν η ροπή της δύναμης είναι το γινόμενο δύναμη x βραχίονας δύναμης και αφού ο βραχίονας δύναμης παρέμεινε αμετάβλητος έπρεπε να ελαττωθεί η δύναμη του μοχλού, δηλαδή η δύναμη που έπρεπε να ασκήσει ο τετρακέφαλος μυς. Για το λόγο αυτό λοιπόν την δεύτερη φορά ήταν πιο εύκολο για τον συμμετέχοντα στην άσκηση να κρατήσει το πόδι του τεντωμένο.

2° Παράδειγμα άσκησης εφαρμογής μοχλών

Έστω ένας άνθρωπος (Α) ο οποίος στέκεται όρθιος στην ανατομική θέση και έχει το χέρι του τεντωμένο μπροστά, δηλαδή την άρθρωση του ώμου σε κάμψη 90° . Ένας δεύτερος άνθρωπος (Β) θα προσπαθήσει να του κατεβάσει το χέρι (δηλαδή να το επαναφέρει στην ανατομική θέση. Ζητάμε από τον (Β) να κατεβάσει το χέρι του (Α) καταβάλλοντας όσο το δυνατόν λιγότερη δύναμη.

Πώς πρέπει να σκεφτεί ο (Β);

Η απάντηση έχει ως εξής: το χέρι του (Α) θα κινηθεί στην άρθρωση του ώμου. Η άρθρωση αυτή είναι μοχλός και μάλιστα 3^{ου} είδους. Το υπομόχλιο είναι η άρθρωση, δύναμη είναι η έλξη των καμπτήρων μυών της άρθρωσης του ώμου και αντίσταση είναι το βάρος του μέλους. Η πίεση του (Β) λοιπόν θα παίξει το ρόλο της αντίστασης στο μοχλό και πρέπει η ροπή της αντίστασης που θα ασκηθεί να προέλθει από μια όσο το δυνατόν μικρότερη αντίσταση (σαν μέγεθος). Η ροπή της αντίστασης, όπως είναι γνωστό, είναι το γινόμενο της αντίστασης (σαν μέγεθος) επί το βραχίονα της αντίστασης (την απόστασή της από το υπομόχλιο). Αφού λοιπόν το ζητούμενο είναι η μικρή αντίσταση (σαν μέγεθος), θα μεγιστοποιήσουμε τον άλλο όρο του γινομένου, δηλαδή τον βραχίονα της αντίστασης. Με άλλα λόγια πρέπει να εφαρμόσουμε την αντίσταση όσο το δυνατόν πιο μακριά από το υπομόχλιο, επομένως η πίεση του (Β) στο χέρι του (Α) πρέπει να ασκηθεί όσο το δυνατόν πιο μακριά από την άρθρωση του ώμου δηλαδή στην άκρα χείρα.

Πρέπει να τονιστεί ότι εκτός από τις προαναφερθείσες γενικές κατευθύνσεις για το εργαστηριακό μέρος, αυτονόητο είναι ότι ο διδάσκων μπορεί κατά την κρίση του να το διαμορφώσει ανάλογα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Άρθρωση είναι η σύνδεση δύο οστών η οποία ποικίλλει σε σταθερότητα και δυνατότητα κίνησης. Στις αρθρώσεις, και με τη βοήθεια των μυών, γίνεται η κίνηση του ανθρώπινου σώματος είτε τμηματικά είτε στο σύνολό του. Οι αρθρώσεις χωρίζονται σε **διαρθρώσεις** και **συναρθρώσεις**. Οι διαρθρώσεις περιβάλλονται από συνδετικό ιστό και μπορούν να εκτελούν πολλές κινήσεις, ενώ στις συναρθρώσεις τα οστά που τις αποτελούν συνδέονται με διαφόρων ειδών συνδετικό ιστό και εκτελούν μικρές έως ελάχιστες κινήσεις. Οι συναρθρώσεις χωρίζονται σε **συνδεσμούς, συγγονδρώσεις και συνοστεώσεις**.

Οι διαρθρώσεις είναι αυτές στις οποίες γίνεται ουσιαστικά η κίνηση του σώματος. Τα στοιχεία μιας διάρθρωσης είναι:

- αρθρικές επιφάνειες,
- αρθρικός χόνδρος,
- αρθρική κοιλότητα,
- αρθρικό υγρό,
- αρθρικός θύλακος,
- σύνδεσμοι,
- διάρθριοι χόνδροι και μηνίσκοι,
- επιχείλιοι χόνδροι.

Οι διαρθρώσεις ταξινομούνται σε:

- γωνιώδεις ή γίγγλυμες,
- τροχοειδείς,
- σφαιροειδείς,
- εφιπιοειδείς,
- κονδυλοειδείς ή ελλειψοειδείς,
- επίπεδες ή ανώμαλες.

Μοχλός είναι μια απλή μηχανή η οποία αποτελείται από ένα άκαμπτο σώμα το οποίο έχει τη δυνατότητα περιστροφής γύρω από έναν άξονα ή ένα σημείο του άξονα (**υπομόχλιο**). Η περιστροφή αυτή γίνεται με την επίδραση δύο ανταγωνιστικών δυνάμεων οι οποίες ονομάζονται **Δύναμη** και **Αντίσταση**. Η κάθετη απόσταση της Δύναμης και της Αντίστασης από το Υπομόχλιο ονομάζονται αντίστοιχα **Βραχίονας Δύναμης** και **Βραχίονας Αντίστασης**.

Ένας μοχλός ισορροπεί, όταν η Ροπή της Δύναμης (**Δύναμη x Βραχ. Δύναμης**) και η Ροπή της Αντίστασης (**Αντίσταση x Βραχ. Αντίστασης**) είναι ίσες.

Υπάρχουν τρία είδη μοχλών:

- **1^{ου} είδους** (το υπομόχλιο ανάμεσα στη δύναμη και την αντίσταση) $\Delta - \Upsilon - A$
- **2^{ου} είδους** (η αντίσταση ανάμεσα στο υπομόχλιο και τη δύναμη) $\Upsilon - A - \Delta$
- **3^{ου} είδους** (η δύναμη ανάμεσα στο υπομόχλιο και την αντίσταση) $\Upsilon - \Delta - A$.

Οι αρθρώσεις του ανθρώπινου σώματος αποτελούν συστήματα μοχλών. Οι περισσότερες είναι μοχλοί 3^{ου} είδους (μοχλοί ταχύτητας).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ορισμός της άρθρωσης.
2. Ταξινόμηση αρθρώσεων.
3. Είδη διαρθρώσεων.
4. Ποια είναι τα στοιχεία μιας τυπικής διάρθρωσης;
5. Ορισμός μοχλού.
6. Ποια είναι τα στοιχεία ενός μοχλού;
7. Ποια είναι τα είδη των μοχλών;
8. Πώς ορίζουμε τα στοιχεία ενός μοχλού στο μυοσκελετικό σύστημα;