

ΕΝΟΤΗΤΑ 8^η

Ισορροπία και Σταθερότητα στην Ανθρώπινη Κίνηση

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

- ❖ Ορίζει τη ροπή, να γνωρίζει πως υπολογίζονται οι συνισταμένες ροπές των αρθρώσεων του ανθρώπινου σώματος και τους παράγοντες που μπορούν να τις επηρεάσουν
- ❖ Διακρίνει τα τρία είδη μοχλών, να εξηγεί την εφαρμογή και σημαντικότητα τους στο ανθρώπινο σώμα αλλά και να μπορεί να εξηγήσει πως σχετίζεται το μηχανικό πλεονέκτημα με αυτούς
- ❖ Μπορεί να προσδιορίσει το κέντρο βάρους ενός σώματος και να εξηγεί τη σημασία του στην σταθερότητα του ανθρώπινου σώματος κατά τη διάρκεια της κίνησης
- ❖ Εξηγεί πως οι διάφοροι μηχανικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τη σταθερότητα και την ισορροπία ενός σώματος

Γιατί οι αθλητές αλμάτων χαμηλώνουν το σώμα τους λίγο χρονικό διάστημα πριν την απογείωση τους; Ποιοι παράγοντες της μηχανικής επηρεάζουν την αντίσταση που θα εφαρμόσει ένας παλαιστής σούμο στον αντίπαλο του κατά τη διάρκεια ενός αγώνα; Για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα, θα πρέπει να μελετηθεί η έννοια της μηχανικής σταθερότητας αυτών των σωμάτων. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η μηχανική σταθερότητα των σωμάτων και πιο συγκεκριμένα του ανθρώπινου σώματος, θα παρουσιασθεί αναλυτικά η γωνιακή κίνηση αλλά και οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη μηχανική ισορροπία ενός σώματος.

Ροπή

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3, η ροπή μιας δύναμης είναι το στρεπτικό αποτέλεσμα που προκαλείται από τη δράση αυτής της δύναμης και που προκαλεί στροφική κίνηση γύρω από έναν άξονα περιστροφής. Η ροπή δύναμης είναι το αντίστοιχο γωνιακό (στροφικό) μέγεθος της γραμμικής δύναμης. Όταν η ροπή δύναμης δρα σε ένα σώμα δημιουργεί στροφική κίνηση γύρω από άξονα περιστροφής, ενώ στην περίπτωση της γραμμικής δύναμης, αυτή δημιουργεί γραμμική (ευθεία) κίνηση. Αλγεβρικά η ροπή δύναμης ισούται με το γινόμενο της δύναμης και του μοχλοβραχίονα, της κάθετης δηλαδή απόστασης της γραμμής δράσης της δύναμης από τον άξονα περιστροφής ($M = F * d$). Επομένως το μέγεθος της δύναμης και το μήκος του μοχλοβραχίονα επηρεάζουν άμεσα και εξίσου το μέγεθος της παραγόμενης ροπής.

Στο ανθρώπινο σώμα η ροπή μιας μυϊκής δύναμης που δρα σε μία άρθρωση είναι το γινόμενο του μεγέθους της δύναμης τους μυός και του μοχλοβραχίονα του σε σχέση με το κέντρο της άρθρωσης. Ο μοχλοβραχίονας αυτός υπολογίζεται ως η κάθετη απόσταση μεταξύ της γραμμής δράσης του μυός και του κέντρου της άρθρωσης. Παρόλαυτα, στο ανθρώπινο σώμα έχουμε διαφοροποιήσεις όσο αναφορά αυτό το μοχλοβραχίονα. Ο μυϊκός μοχλοβραχίονας δεν είναι πάντοτε σταθερός, αλλά μεταβάλλεται κατά την κίνηση όσο η άρθρωση κινείται στο εύρος της. Σχεδόν όλοι οι μύες στο ανθρώπινο σώμα παρουσιάζουν μέγιστο μήκος μοχλοβραχίονα όταν η γωνία έλξης τους στο οστό είναι πλησιέστερα στις 90°. Όσο αυτή η γωνία αποκλίνει από τις 90°, είτε αυξάνεται είτε μειώνεται, ο μοχλοβραχίονας ελαττώνεται προοδευτικά.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι καμπτήρες μύες του αγκώνα που συμπεριφέρονται ακριβώς με αυτόν τον τρόπο. Αφού λοιπόν ο μοχλοβραχίονας επηρεάζει άμεσα την παραγόμενη ροπή ($M = F * d$), όσο αυτός μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της περιστροφής μιας άρθρωσης, μεταβάλλεται εξίσου και η παραγόμενη ροπή. Είναι προφανές ότι η μέγιστη παραγόμενη ροπή των καμπτήρων μυών του αγκώνα συναντάται στις 90°

γωνίας έλξης και μειώνεται προοδευτικά όσο αυτή η γωνία αποκλίνει από το σημείο αυτό. Επομένως για να παράγει ένας μυς σταθερή ροπή σε μία άρθρωση κατά τη διάρκεια μιας κίνησης ή άσκησης, πρέπει να παράγει μεταβαλλόμενη δύναμη αναλόγως τη συμπεριφορά του μοχλοβραχίονα. Όταν ο μοχλοβραχίονας έχει γωνία έλξης τις 90°, δηλαδή έχει μέγιστο μήκος, ο μυς δεν χρειάζεται να παράξει μεγάλη δύναμη, ενώ όσο αυτή η γωνία αυξάνει η μειώνει, ο μυς πρέπει να παράξει μεγαλύτερη δύναμη για να μπορέσει να αντισταθμίσει αυτή την αλλαγή και να παραχθεί συνολικά η ίδια σταθερή ροπή στην άρθρωση.

Συνισταμένη ροπή άρθρωσης

Όπως είπαμε, όταν ένας μυς που διέρχεται από μία άρθρωση παράγει τάση, τότε εφαρμόζεται ελκτική δύναμη στο οστό που προσφύεται και το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή ροπής στην άρθρωση. Όμως, πολλές ανθρώπινες κινήσεις εμπεριέχουν ταυτόχρονη ανάπτυξη τάσης αγωνιστών αλλά και ανταγωνιστών μυών στην ίδια άρθρωση. Οι ανταγωνιστές μύες, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, λειτουργούν ως μηχανισμοί πέδησης “φρενάροντας” την κίνηση, αυξάνοντας έτσι την σταθερότητα της. Οπότε η ανάπτυξη τάσης σε αυτούς τους μύες παράγουν ροπή στην αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που παράγεται από τους αγωνιστές. Άρα η τελική κίνηση εξαρτάται από τη συνολική ροπή, ή αλλιώς συνισταμένη ροπή όλης της άρθρωσης, που είναι αποτέλεσμα των επιμέρους ροπών αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών. Όταν η συνισταμένη ροπή και η κίνηση της άρθρωσης συμβαίνουν προς την ίδια κατεύθυνση, η ροπή ονομάζεται σύνκεντρη, ενώ η ροπή σε κατεύθυνση αντίθετη από αυτή της κίνησης της άρθρωσης, ονομάζεται έκκεντρη. Παρόλο που αυτές οι δύο έννοιες συγχέονται συχνά με την μειομετρική και πλειομετρική συστολή και αποτελούν εύχρηστες περιγραφές της μυικής λειτουργίας, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά αυτόν τον τρόπο, γιατί η χρήση τους είναι πολύ περίπλοκη όταν αναφερόμαστε σε διαρθρικούς ή πολυαρθρικούς μύες.

Η σημαντικότητα του υπολογισμού της συνισταμένης ροπής αρθρώσεων στο ανθρώπινο σώμα είναι μεγάλη. Η απευθείας μέτρηση των δυνάμεων που παράγονται από τους μύες κατά την εκτέλεση κινητικών δεξιοτήτων δεν είναι πρακτική και εφαρμόσιμη, γι αυτό το λόγο υπολογίζονται οι παραγόμενες ροπές των αρθρώσεων (συνισταμένες) και εν συνεχεία γίνεται έμμεσα ο υπολογισμός της “καθαρής” μυικής δύναμης. Ο υπολογισμός της συνισταμένης ροπής των αρθρώσεων στο ανθρώπινο σώμα όμως δεν είναι απλή διαδικασία. Πολλοί παράγοντες την επηρεάζουν, όπως το βάρος και η κίνηση των μελών, αλλά και η δράση εξωτερικών δυνάμεων.

Παρόλαυτα με την εξέλιξη της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες, ο υπολογισμός αυτός γίνεται αυτόματα μέσω υπολογιστικών μηχανών και με τη βοήθεια του συνδυασμού βιντεοσκόπησης και δυναμομετρίας. Πρακτικά παραδείγματα συνεισφοράς του υπολογισμού της συνισταμένης ροπής είναι η μελέτη της τεχνικής τρεξίματος δρομέων και πιο συγκεκριμένα η μελέτη των παραγόμενων ροπών σε ισχίο, γόνατο και ποδοκνημική καθόλη τη διάρκεια του δρομικού διασκελισμού, για τον εν συνεχεία υπολογισμό της συνεισφοράς των μυικών δυνάμεων που συμβάλουν στην κίνηση. Επίσης έρευνα έχει δείξει ότι η εφαρμογή λειτουργικών ναρθηκών στο γόνατο μετά από χειρουργική επέμβαση στον πρόσθιο χιαστό σύνδεσμο, συντελεί σε μειωμένη παραγωγή συνισταμένης ροπής στην άρθρωση του γονάτου και αυξημένη παραγωγή στο ισχίο και στην ποδοκνημική, κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές ανισοροπίες και τραυματισμό.

Μοχλοί

Κατά τη διάρκεια μιας κίνησης ενός μέλους του ανθρώπινου σώματος, αυτό που συμβαίνει είναι οι μύες να έλκουν τα οστά με τα οποία είναι συνδεδεμένοι και να παράγουν κίνηση, μετακινώντας μία εξωτερική αντίσταση ή απλά το ίδιο το μέλος. Αυτό το σύστημα των μυών και οστών που δημιουργούν αυτή τη συνθήκη, λειτουργεί μηχανικά ως ένας μοχλός. Ο μοχλός είναι μία απλή κατασκευή, που αποτελείται από ένα σχετικά άκαμπτο σώμα σε ραβδοειδή μορφή (όπως είναι ένα επιμήκες οστό), το οποίο εξαναγκάζεται σε περιστροφή γύρω από έναν άξονα (όπως είναι το κέντρο μιας άρθρωσης), από μία δύναμη (όπως είναι ένας μυς) που εφαρμόζεται σε ένα σημείο του με σκοπό να υπερνικηθεί μία εξωτερική αντίσταση. Ο άξονας περιστροφής σε ένα σύστημα μοχλού ονομάζεται μηχανικά υπομόχλιο. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να έχει τρεις μορφές. Σε έναν μοχλό πρώτου είδους η εφαρμοζόμενη δύναμη και η εξωτερική αντίσταση βρίσκονται στις αντίθετες πλευρές του άξονα περιστροφής. Ένα παράδειγμα τέτοιου μοχλού είναι η κλασική τραμπάλα. Στο μοχλό δεύτερου είδους η εφαρμοζόμενη δύναμη και η αντίσταση βρίσκονται στην ίδια πλευρά του άξονα, με την αντίσταση να είναι κοντύτερα στον άξονα. Το καρότσι που χρησιμοποιείται σε οικοδομικές εργασίες είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Τέλος, σε έναν μοχλό τρίτου είδους η εφαρμοζόμενη δύναμη και η αντίσταση βρίσκονται ομοίως στην ίδια πλευρά του άξονα περιστροφής, με τη δύναμη να βρίσκεται κοντύτερα σε αυτόν. Τα περισσότερα συστήματα μοχλών στο ανθρώπινο σώμα είναι τέτοιας μορφής για μειομετρικές συστολές. Στις περιπτώσεις αυτές ο μυς εφαρμόζει ελκτικές δυνάμεις στο σημείο πρόσφυσης του στο οστό, σε μικρή απόσταση από το κέντρο της άρθρωσης σε σχέση με το βάρος του μέλους, ή την εξωτερική αντίσταση, που έχουν σημείο εφαρμογής σε μεγαλύτερη απόσταση. Παρόλαυτα, το είδος ενός μοχλού στο ανθρώπινο σώμα αλλάζει αναλόγως τη συστολή. Κατά τη διάρκεια πλειομετρικών συστολών το σύστημα μοχλού μυς – οστό, λειτουργεί ως μοχλός δεύτερου είδους. Σε τέτοια περίπτωση ο μυς αποτελεί τη αντίσταση που πρέπει να υπερνικηθεί από την εξωτερικά εφαρμοζόμενη δύναμη.

Ένα σύστημα μοχλών μπορεί στην πράξη να εξυπηρετήσει δύο σκοπούς. Όταν ο μοχλοβραχίονας της εφαρμοζόμενης δύναμης (μυική δύναμη) είναι μακρύτερος από τον μοχλοβραχίονα της εξωτερικής αντίστασης, τότε το μέγεθος της δύναμης που χρειάζεται να εφαρμοστεί είναι μικρότερο από το μέγεθος της αντίστασης. Από την άλλη, όταν ο μοχλοβραχίονας της αντίστασης είναι μεγαλύτερος από αυτόν της δύναμης, η εξωτερική αντίσταση μπορεί να μετακινηθεί σε μεγαλύτερη απόσταση απ' ό,τι στην πρώτη περίπτωση. Μηχανικά η αποτελεσματικότητα ενός μοχλού και η επίδραση που έχει σε μία εξωτερικά εφαρμοζόμενη αντίσταση, εκφράζεται ποσοτικά ως το μηχανικό πλεονέκτημα το οποίο είναι ο λόγος του μοχλοβραχίονα της δύναμης και του μοχλοβραχίονα της αντίστασης :

Μηχανικό Πλεονέκτημα = Μοχλοβραχίονας Δύναμης / Μοχλοβραχίονας Αντίστασης

Στις περιπτώσεις που ο μοχλοβραχίονας της δύναμης είναι μεγαλύτερος από αυτόν της αντίστασης, το μηχανικό πλεονέκτημα είναι μεγαλύτερο της μονάδας και το μέγεθος της εφαρμοζόμενης δύναμης που χρειάζεται για να μετακινηθεί η αντίσταση είναι μικρότερο από αυτήν. Όταν όμως το μηχανικό πλεονέκτημα είναι μικρότερο της μονάδας, πρέπει να εφαρμοστεί δύναμη μεγαλύτερη από αυτή της αντίστασης, ώστε να προκληθεί κίνηση του μοχλού και κατ'επέκταση της αντίστασης. Παρόλο που σε αυτή την περίπτωση απαιτείται περισσότερη δύναμη, πράγμα που υποδηλώνει ότι είναι λιγότερο αποτελεσματική, μία μικρή κίνηση του μοχλού στο σημείο του άξονα περιστροφής μπορεί να μετακινήσει την αντίσταση για μεγαλύτερο εύρος κίνησης. Οπότε θα μπορούσαμε να πούμε ότι στις περιπτώσεις που το μηχανικό πλεονέκτημα είναι μεγαλύτερο της μονάδας, το ενεργειακό κόστος είναι μικρό, αφού απαιτείται μικρή δύναμη, ενώ όταν αυτό είναι μικρότερο της μονάδας, το ενεργειακό κόστος είναι μεγαλύτερο, αλλά η αντίσταση μπορεί να μετακινηθεί σε μεγαλύτερο εύρος.

Ανατομικοί μοχλοί

Στο ανθρώπινο σώμα το πιο συνηθισμένο σύστημα μοχλών είναι οι μοχλοί τρίτου είδους, πράγμα που σημαίνει ότι το μηχανικό τους πλεονέκτημα είναι μικρότερο της μονάδας. Παρόλο που σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζεται μεγαλύτερο εύρος τροχιάς κίνησης και κατ'επέκταση μεγαλύτερη γωνιακή ταχύτητα, οι μυικές δυνάμεις που εφαρμόζονται στο οστό πρέπει να είναι μεγαλύτερες από τις δυνάμεις αντίστασης, ώστε να μπορέσουν να τις μετακινήσουν και να υπάρξει παραγωγή θετικού μηχανικού έργου (μειομετρική συστολή και σύγκεντρη ροπή).

Η γωνία υπό την οποία ένας μυς καταφύεται και εφαρμόζει δύναμη σε ένα οστό έλκοντας το, επηρεάζει άμεσα την αποτελεσματικότητα του συστήματος μοχλού μυός – οστού. Η εφαρμοζόμενη αυτή δύναμη αναλύεται σε δύο συνιστώσες, μία κάθετη και μία παράλληλη στο οστό. Η κάθετη συνιστώσα, η αλλιώς στρεπτική συνιστώσα, είναι αυτή που προκαλεί την περιστροφή του μέλους γύρω από την άρθρωση. Η παράλληλη συνιστώσα από την άλλη, είτε έλκει το οστό μακριά από το κέντρο της άρθρωσης τείνοντας το να εξαρθρωθεί (εξαρθρωτική συνιστώσα), είτε το ωθεί προς το κέντρο της άρθρωσης σταθεροποιώντας το (σταθεροποιητική συνιστώσα). Στην πράξη, η γωνία στην οποία θα υπάρξει παρουσία μέγιστου μηχανικού πλεονεκτήματος είναι η γωνία αυτή στην οποία θα δημιουργηθεί περισσότερη στρεπτική δύναμη. Για παράδειγμα, το μέγιστο μηχανικό πλεονέκτημα για τους καμπτήρες μύες του αγκώνα διακρίνεται όταν η γωνία του αγκώνα κυμαίνεται μεταξύ 75 και 90 μοιρών.

Η διαφοροποίηση αυτή στην μηχανική αποτελεσματικότητα των μυών για την παραγωγή περιστροφής στις αρθρώσεις ανάλογα με τις μεταβολές στη γωνία αυτών, έχει οδηγήσει στην κατασκευή μηχανημάτων μεταβαλλόμενης αντίστασης. Τα μηχανήματα αυτά σχεδιάζονται με σκοπό να προσαρμόζονται στις αλλαγές της εφαρμοζόμενης μυικής δύναμης και ροπής σε όλο το εύρος της άρθρωσης. Χαρακτηριστικό και δημοφιλές παράδειγμα είναι το ισοκινητικό μηχάνημα. Το μηχάνημα αυτό είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να παρέχει αντίσταση ίση με την εφαρμοζόμενη δύναμη του ασκούμενου σε όλο το εύρος της κίνησης. Ουσιαστικά το ισοκινητικό μηχάνημα προσαρμόζεται στις εναλλαγές παραγόμενης ροπής από το ανθρώπινο μέλος, εφαρμόζοντας αντίθετη, αλλά ίση αντίσταση σε αυτό. Παρόλαυτα, το ισοκινητικό μηχάνημα προϋποθέτει μεγάλη γνώση από τον χρήστη, αλλά και μέγιστη εκούσια προσπάθεια ώστε το αποτέλεσμα να είναι αξιόπιστο.

Κέντρο βάρους

Σε προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ότι η μάζα ενός σώματος είναι η συνολική ύλη από την οποία αποτελείται και εξαρτάται άμεσα από αυτή. Υπάρχει ένα συγκεκριμένο σημείο όμως σε κάθε σώμα, όπου η μάζα του είναι ίσα κατανεμημένη προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό το σημείο ονομάζεται κέντρο μάζας του σώματος. Παρόλαυτα, επειδή ζούμε μέσα στην επιρροή της βαρύτητας και επειδή η μάζα είναι ευθέως ανάλογη του βάρους ($B = m * g$), αυτό το σημείο αναφέρεται και ως κέντρο βάρους του σώματος, το σημείο δηλαδή όπου το βάρος του σώματος είναι ισορροπημένο προς όλες τις κατευθύνσεις, ή πιο ορθά, το σημείο όπου το άθροισμα των ροπών που παράγεται από όλα τα βάρη των μελών του σώματος είναι μηδέν. Ο τελευταίος ορισμός δεν υπονοεί αυτομάτως ότι τα βάρη που βρίσκονται στην αντίθετη πλευρά ενός σώματος είναι πάντα ίσα, αλλά ότι οι ροπές που παράγουν αυτά είναι ίσες. Αυτό διότι μπορεί το ένα βάρος στη μία πλευρά να είναι μεγαλύτερο από το άλλο, αλλά ο μοχλοβραχίονας του να είναι μικρότερος και εν συνεχεία η συνισταμένη ροπή να είναι μηδενική και το σώμα να ισορροπεί.

Εντοπισμός του κέντρου βάρους

Ο εντοπισμός του κέντρου βάρους ενός σώματος που αποτελείται από μόνο ένα τμήμα, όπως το ρόπαλο, συνήθως γίνεται με τη χρήση ενός υπομοχλίου, ή αλλιώς ενός άξονα, ώστε να γίνει εντοπισμός του

σημείου που το σώμα ισορροπεί και στα τρία διαφορετικά επίπεδα. Ο εντοπισμούς του κέντρου βάρους είναι σημαντικός γιατί ένα σώμα συμπεριφέρεται μηχανικά σαν όλη του η μάζα να είναι συγκεντρωμένη σε αυτό το σημείο. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι όταν το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται στον αέρα κινούμενο σε παραβολική τροχιά. Η τροχιά που διαγράφει είναι η τροχιά του κέντρου βάρους, ασχέτως τις επιμέρους κινήσεις που γίνονται από τα διάφορα μέλη του. Το διάνυσμα του βάρους δρα σε όλα τα σώματα στο κέντρο βάρους και χρησιμοποιείται πολύ συχνά σε εμβιομηχανικές αναλύσεις για μελέτη της απόδοσης σε πολλά αθλήματα. Π.χ. οι έμπειροι δρομείς έχουν μικρότερες κατακόρυφες διακυμάνσεις του κέντρου βάρους του σώματος τους κατά τη διάρκεια του τρεξίματος.

Εντοπισμός του κέντρου βάρους του ανθρώπινου σώματος

Ο εντοπισμός του κέντρου βάρους στην περίπτωση του ανθρώπινου σώματος είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία. Αυτό γιατί το ανθρώπινο σώμα δεν αποτελείται από μόνο ένα τμήμα, αλλά από πολλά διαφορετικού μεγέθους και μάζας μέλη. Σε μία τέτοια περίπτωση, όχι μόνο το κέντρο βάρους αλλάζει καθώς αλλάζει η θέση του σώματος, αλλά κάθε φορά που ένα μέλος του κινείται, η θέση του κέντρου βάρους όλου του σώματος, αλλάζει κι αυτή και μάλιστα μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση που μετακινήθηκε το βάρος του μέλους. Η συχνότερη και πιο αξιόπιστη μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του είναι η τμηματική μέθοδος. Η βάση αυτής της μεθόδου στηρίζεται στον ισχυρισμό ότι, αφού το σώμα αποτελείται από διαφορετικά μέλη, η θέση του συνολικού κέντρου βάρους του σώματος εξαρτάται από τα επιμέρους κέντρα βάρους των μελών του. Όμως στις περισσότερες των περιπτώσεων τα μέλη μεταξύ τους δεν έχουν τον ίδιο όγκο και μάζα και επηρεάζουν διαφορετικά το κάθε ένα το συνολικό κέντρο βάρους. Γι αυτό το λόγο το ολικό κέντρο βάρους υπολογίζεται αρθροίζοντας τα γινόμενα της μάζας κάθε μέλους επί τη θέση του κέντρου βάρους τους, διαιρώντας τα στη συνέχεια με τη συνολική μάζα του σώματος.

$$KB = \Sigma(X\mu) * (\mu\mu) / \Sigma\mu$$

Σταθερότητα και Ισορροπία

Οι σταθερότητα και η ισορροπία είναι δύο έννοιες που μοιάζουν πολύ και συνδέονται άμεσα. Η σταθερότητα ορίζεται στη μηχανική ως η αντίσταση σε οποιαδήποτε επιτάχυνση, γωνιακή ή γραμμική, ή αλλιώς η αντίσταση σε όποια διατάραξη της ισορροπίας. Ισορροπία είναι η ικανότητα ενός ατόμου να ελέγξει την ισορρόπηση του. Στις περισσότερες περιπτώσεις η μεγιστοποίηση της σταθερότητας είναι ο κύριος στόχος, παρόλαυτα όμως υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η μείωση της σταθερότητας είναι επιθυμητή και γίνεται με εκούσιο τρόπο.

Η σταθερότητα μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς μηχανικούς παράγοντες. Αρχικά όπως έχουμε προαναφέρει στο τρίτο κεφάλαιο, η μάζα ενός σώματος παίζει καθοριστικό ρόλο στην αδράνεια του, δηλαδή στην αντίσταση του σε οποιαδήποτε αλλαγή της κινητικής του κατάστασης. Όσο περισσότερη μάζα διαθέτει ένα αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη δύναμη απαιτείται για να διαταράξουμε της κατάσταση που βρίσκεται και να του δημιουργήσουμε επιτάχυνση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι μαχητές σούμο. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, όπως αυτή των αθλητών της ενόργανης γυμναστικής, όπου η μεγάλη μάζα σώματος είναι μειονέκτημα, διότι η εκτέλεση των δεξιοτήτων τους απαιτεί συνεχή διατάραξη της ισορροπίας τους.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την σταθερότητα είναι η τριβή. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της τριβής μεταξύ ενός αντικειμένου και της επιφάνειας με την οποία έχει επαφή, τόσο μεγαλύτερη δύναμη απαιτείται για να διαταραχτεί η ισορροπία του και άρα τόσο μεγαλύτερη και η σταθερότητα του.

Η βάση στήριξης είναι επίσης ένας καθοριστικός παράγοντας. Η βάση στήριξης αποτελείται από το εμβαδόν της επιφάνειας που περικλείεται από τα ακραία σημεία του σώματος που βρίσκονται σε επαφή με την

επιφάνεια υποστήριξης. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το εμβαδόν, τόσο μεγαλύτερη είναι η σταθερότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί όταν η γραμμή δράσης του βάρους κινηθεί έξω από αυτή τη βάση, δημιουργείται ροπή που τείνει να προκαλέσει γωνιακή κίνηση του σώματος. Με μεγαλύτερο εμβαδόν στήριξης, αυτό είναι λιγότερο πιθανό να συμβεί.

Οι τελευταίοι δύο παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα ενός σώματος ή αντικειμένου είναι η οριζόντια θέση και το ύψος του κέντρου βάρους του σώματος σε σχέση με τη βάση στήριξης. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η οριζόντια θέση του κέντρου βάρους του σώματος στα ακραία σημεία της βάσης στήριξης, τόσο μεγαλύτερη δύναμη απαιτείται για να διαταραχθεί η ισορροπία του. Από την άλλη, όσο ψηλότερα βρίσκεται το κέντρο βάρους σε σχέση με τη βάση στήριξης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ροπή που θα δημιουργηθεί σε ενδεχόμενη γωνιακή μετατόπιση του σώματος και τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα να διαταραχθεί η σταθερότητα. Ένα παράδειγμα όσο αναφορά το ύψος του κέντρου βάρους είναι η κατάβαση με χιονοπέδιλα. Οι αθλητές του σκι κατάβασης χαμηλώνουν το κέντρο βάρους τους κατά την πορεία, λυγίζοντας τα γόνατα τους, ώστε να διατηρήσουν το κέντρο βάρους χαμηλά και κοντά στη βάση στήριξης αποκτώντας έτσι μεγαλύτερη σταθερότητα και ισορροπία.

Ερωτήσεις:

1. Η παραγωγή ροπής ενός μυός εξαρτάται:
 - a) Από τη δύναμη του
 - b) Από το μοχλοβραχίονα του
 - c) Όλα τα παραπάνω**
 - d) Τίποτα από τα παραπάνω
2. Σε ένα μοχλό πρώτου είδους η εφαρμοζόμενη δύναμη:
 - a) Βρίσκεται στην ίδια πλευρά με την αντίσταση
 - b) Έχει τον ίδιο μοχλοβραχίονα με αυτόν της αντίστασης
 - c) Είναι πιο κοντά στο υπομόχλιο σε σχέση με την αντίσταση
 - d) Βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά από την αντίσταση**
3. Το πιο συνηθισμένο είδος μοχλού που συναντάται στο ανθρώπινο σώμα είναι:
 - a) Το 1^ο είδος
 - b) Το 2^ο είδος
 - c) Το 3^ο είδος**
 - d) Τίποτα από τα παραπάνω
4. Σε πιο εύρος κίνησης συναντάται στους ανατομικούς μοχλούς του ανθρώπινου σώματος, το μέγιστο μηχανικό πλεονέκτημα;
 - a) Στην πλήρη κάμψη
 - b) Στην πλήρη έκταση
 - c) Στις 40 μοίρες
 - d) Όταν ο μυς έχει γωνία κατάφυσης κοντά στις 90°**
5. Η σταθερότητα ενός σώματος εξαρτάται από:
 - a) Την τριβή με την επιφάνεια επαφής
 - b) Τη μάζα του
 - c) Το εμβαδόν της βάσης στήριξης
 - d) Όλα τα παραπάνω**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Hall S.J. (2002). *Basic Biomechanics*. McGraw-Hill Companies, USA