

Κεφάλαιο

1

Αρχική προσέγγιση

DONALD A. NEUMANN, PT, PhD, FAPTA

ΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΜΕ ΜΙΑ ΜΑΤΙΑ

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΛΑΝΟ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

Η μετατόπιση συγκρινόμενη με τη στροφή

Οστεοκινηματική

Επίπεδα κίνησης

Άξονας στροφής

Βαθμοί ελευθερίας

Οστεοκινηματική: θέμα προοπτικής

Αρθροκινηματική

Τυπική μορφολογία της άρθρωσης Θεμε-

λιώδεις κινήσεις μεταξύ των αρθρικών επιφανειών

Προβλέποντας ένα αρθροκινηματικό πρότυ-

πο βάσει της αρθρικής μορφολογίας

Θέσεις κλειστής και ανοιχτής σύνταξης σε

μια άρθρωση

ΚΙΝΗΤΙΚΗ

Μυοσκελετικές Δυνάμεις

Επίπτωση των δυνάμεων στο μυοσκελετικό

σύστημα:

Εισαγωγικές έννοιες και ορολογία Εσωτερι-

κές και Εξωτερικές Δυνάμεις

Μυοσκελετικές Ροπές

Μυς και αρθρική αλληλεπίδραση

Τύποι μυϊκής ενεργοποίησης

Μυϊκή δράση σε μια άρθρωση

Μυοσκελετικοί μοχλοί

ΣΥΝΟΨΗ

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

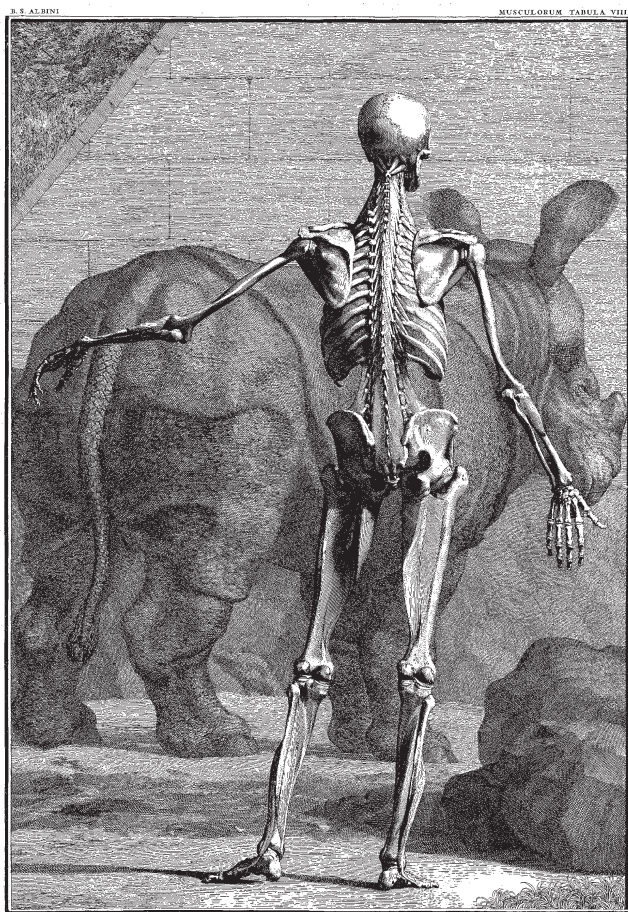
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

Οι ρίζες της λέξης *κινησιολογία* προέρχονται από τις ελληνικές λέξεις *κίνησις* και *λόγος* (εξήγηση, θεώρηση). Η Κινησιολογία του μυοσκελετικού συστήματος: Τα Θεμέλια της Αποκατάστασης χρησιμεύουν ως οδηγός στην κινησιολογία, εστιάζοντας στις ανατομικές και εμβιομηχανικές αλληλεπιδράσεις εντός του μυοσκελετικού συστήματος. Η ομορφιά και η πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων αυτών εντός του μυοσκελετικού συστήματος έχει «αιχμαλωτιστεί» από πολλούς καλλιτέχνες, όπως οι Michelangelo Buonarroti (1475–1564) και Leonardo da Vinci (1452–1519). Η δουλειά τους πιθανώς ενέπνευσε τη δημιουργία του κλασσικού κειμένου *Tabulae Sceleti et Musculorum Corporis Humani*, δημοσιευμένου το 1747 από τον ανατόμο Bernhard Siegfried Albinus (1697–1770). Ένα δείγμα της δουλειάς του παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1.

Ο πρωταρχικός σκοπός του παρόντος βιβλίου είναι να παρέχει σε σπουδαστές και κλινικούς επαγγελματίες μια στιβαρή, βιβλιογραφικά υποστηριζόμενη βάση, για την άσκηση της φυσικής αποκατάστασης. Μια αναλυτική ανασκόπηση του ανατομικού και του κινησιολογικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της νεύρωσης, παρουσιάζεται ως το υπόστρωμα για τις δομικές και λειτουργι-

κές πτυχές της κίνησης και τις κλινικές τους εφαρμογές. Παρουσιάζονται συζητήσεις πάνω στις φυσιολογικές και μη συνθήκες, ως αποτέλεσμα νόσου ή τραυματισμού. Η βαθιά κατανόηση της κινησιολογίας επιτρέπει την ανάπτυξη ορθολογικής αξιολόγησης, ακριβούς διάγνωσης και αποτελεσματικής αντιμετώπισης των διαταραχών, οι οποίες επηρεάζουν το μυοσκελετικό σύστημα. Αυτές οι ικανότητες αντιπροσωπεύουν το εχέγγυο υψηλής ποιότητας, οποιουδήποτε επαγγελματία υγείας εμπλέκεται στην άσκηση της φυσικής αποκατάστασης.

Το κείμενο της κινησιολογίας δανείζεται σε σημαντικό βαθμό στοιχεία από τρεις πηγές γνώσης: την ανατομία, την εμβιομηχανική και τη φυσιολογία. *Ανατομία* είναι η επιστήμη της μορφής και της δομής του ανθρώπινου σώματος και των τμημάτων του. *Εμβιομηχανική* είναι ο κλάδος ο οποίος χρησιμοποιεί αρχές της φυσικής, προκειμένου να μελετήσει ποσοτικά πώς οι δυνάμεις αλληλεπιδρούν εντός του ζώντος σώματος. *Φυσιολογία* είναι η βιολογική μελέτη των έμβιων οργανισμών. Το παρόν βιβλίο συνυφαίνει μια εκτεταμένη ανασκόπηση της μυοσκελετικής ανατομίας, χρησιμοποιώντας επιλεγμένες αρχές της εμβιομηχανικής και της φυσιολογίας. Μια τέτοια προσέγγιση επιτρέπει την ανάλυση, παρά την καθάρη απομνημόνευση, των κινησιολογικών λειτουργιών του μυοσκελετικού συστήματος.



ΣΧ. 1.1 Μια αναπαράσταση από την ανατομία Tabulae Sceleti et Musculorum Corporis Humani (1747) του Bernhard Siegfried Albinus

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΛΑΝΟ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

Το κείμενο χωρίζεται σε τέσσερα μέρη. Μέρος I: Βασικά θέματα κινησιολογίας (περιλαμβάνει τα Κεφάλαια 1 έως 4). Για το ξεκίνημα, το Κεφάλαιο 1 παρέχει πολλές θεμελιώδεις έννοιες και ορολογία σχετικά με την κινησιολογία. Λεξιλόγιο παρέχεται στο τέλος του Κεφαλαίου, με ορισμούς αυτών των θεμελιωδών εννοιών και όρων. Στα Κεφάλαια 2 έως 4, περιγράφεται το απαραίτητο υπόστρωμα γνώσης, αναφορικά με τη μηχανική των αρθρώσεων, τη φυσιολογία του μυός και την ανασκόπηση της εφαρμοσμένης εμβιομηχανικής.

Το υλικό που παρουσιάζεται στο Μέρος I θέτει τα κινησιολογικά θεμέλια για τα πιο ανατομικά και βασισμένα στις περιοχές του σώματος κεφάλαια, που περιλαμβάνονται στα Μέρη II έως IV. Το Μέρος II (Κεφάλαια 5 έως 8) περιγράφει την κινησιολογία που σχετίζεται με το άνω άκρο. Το Μέρος III (Κεφάλαια 9 έως 11) καλύπτει την κινησιολογία που περιλαμβάνει κυρίως τον αξονικό σκελετό και τον κορμό. Εν τέλει, το Μέρος IV (Κεφάλαια 12 έως 16) παρουσιάζει την κινησιολογία του κάτω άκρου, περιλαμβάνοντας τελικά κεφάλαια με εστίαση στη βάδιση και το τρέξιμο.

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

Κινηματική είναι ο τομέας της μηχανικής που περιγράφει την κίνηση ενός σώματος, δίχως να υπολογίζει τις δυνάμεις ή ροπές που πιθανώς παράγουν την κίνηση. Στην εμβιομηχανική, ο όρος σώμα χρησιμοποιείται μάλλον χαλαρά, για να περιγράψει όλο το σώμα ή κάποια από τα τμήματά του, όπως τα επιμέρους οστά ή περιοχές. Γενικά, υπάρχουν δύο τύποι κινήσεων: η μετατόπιση και η περιστροφή.

Η μετατόπιση συγκρινόμενη με την περιστροφή

Η μετατόπιση περιγράφει μια γραμμική κίνηση, στην οποία όλα τα μέρη ενός άκαμπτου σώματος κινούνται παράλληλα και προς την ίδια κατεύθυνση. Μετατόπιση μπορεί να συμβαίνει είτε σε ευθεία γραμμή (ευθύγραμμη) είτε σε καμπύλη γραμμή (καμπυλόγραμμη). Κατά τη βάδιση, για παράδειγμα, ένα σημείο στο κεφάλι κινείται γενικά με έναν καμπυλόγραμμο τρόπο (Σχ. 1.2).

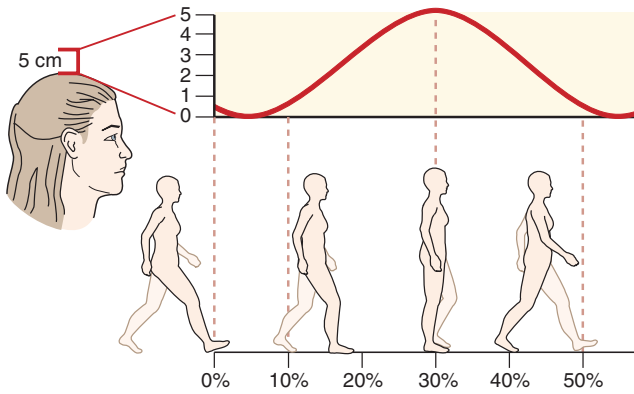
Η περιστροφή, σε αντίθεση με τη μετατόπιση, περιγράφει μια κίνηση στην οποία ένα υποτιθέμενο άκαμπτο σώμα κινείται σε μια κυκλική διαδρομή γύρω από κάποιο σημείο περιστροφής. Ως αποτέλεσμα, όλα τα σημεία του σώματος περιστρέφονται ταυτόχρονα στην ίδια γωνιακή κατεύθυνση (π.χ. σύμφωνα ή αντίθετα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού) για τον ίδιο αριθμό μοιρών.

Η κίνηση του ενιαίου ανθρώπινου σώματος, συχνά, περιγράφεται ως μετατόπιση του κέντρου μάζας του σώματος, που εντοπίζεται γενικά αμέσως μπροστά από το ιερό οστό. Μολονότι το κέντρο μάζας σώματος ενός ατόμου μετατοπίζεται στο χώρο, αυτό καθίσταται δυνατό από τους μύες που περιστρέφουν τα άκρα. Το γεγονός ότι τα άκρα περιστρέφονται, μπορεί να γίνει κατανοητό βλέποντας τη διαδρομή που διαγράφει η γροθιά ενώ κάμπτεται ο αγκώνας. (Σχ. 1.3). (Είναι σύνηθες στην κινησιολογία να χρησιμοποιούνται εναλλασσόμενα φράσεις, όπως «περιστροφή άρθρωσης» και «περιστροφή ενός οστού».

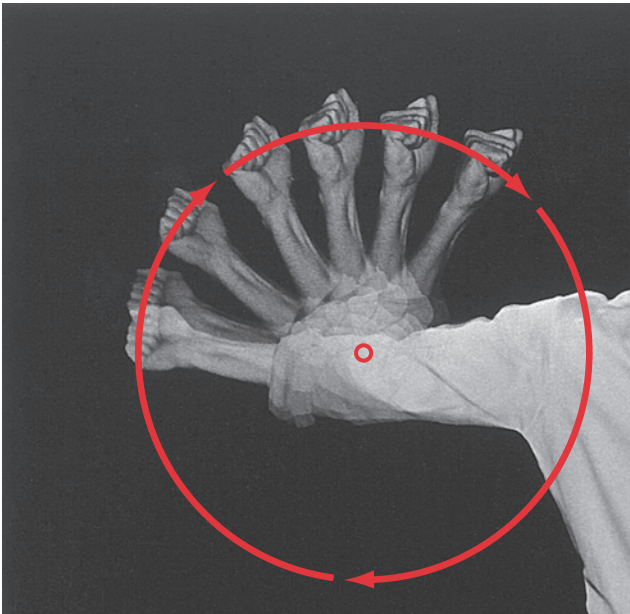
Το σημείο περιστροφής της γωνιακής κίνησης του σώματος ή των τμημάτων του καλείται άξονας περιστροφής. Ο άξονας είναι το σημείο όπου η κίνηση του περιστρεφόμενου σώματος είναι μηδενική. Για τις περισσότερες

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Κοινές μετατροπές μεταξύ των μονάτων κινηματικών μετρήσεων

Μονάδες διεθνούς συστήματος (SI)	Αγγλικές μονάδες
1 μέτρο (m) = 3,28 πόδια (ft)	1 ft = 0,305 m
1 μέτρο (m) = 39,97 ίντσες (in)	1 in = 0,0254 m
1 εκατοστόμετρο (cm) = 0,39 ίντσες	1 in = 2,54 cm
1 μέτρο (m) = 1.09 γιάρδες (yd)	1 yd = 0,91 m
1 χιλιόμετρο (Km) = 0.62 μίλια (mi)	1 mi = 1,61 Km
1 βαθμός (degree) = 0,0174 ακτίνια (rad)	1 rad = 57.3 degrees



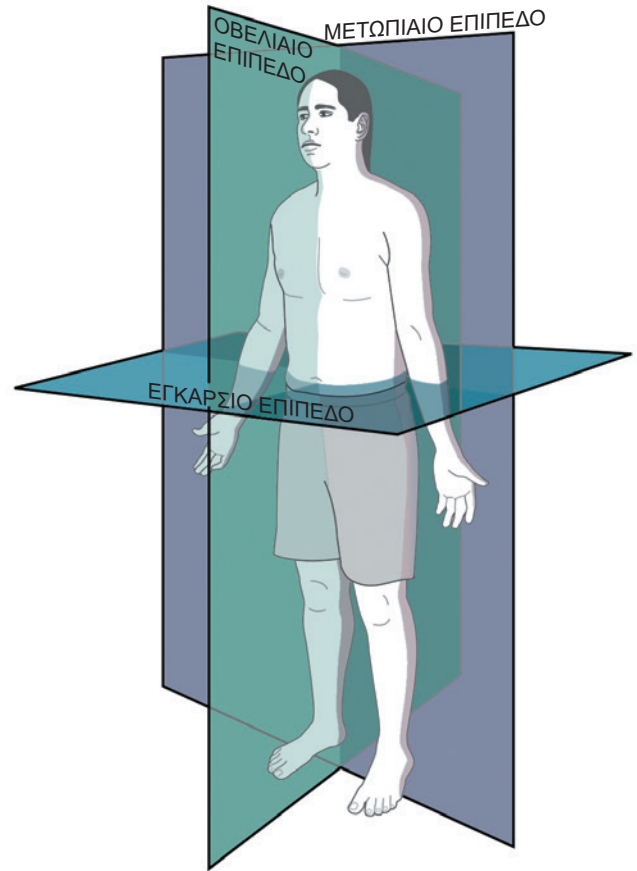
Σχ. 1.2 Ένα σημείο στην κορυφή της κεφαλής εμφανίζεται να μετατοπίζεται πάνω και κάτω με έναν καμπυλόγραμμο τρόπο κατά τη βάδιση. Ο οριζόντιος άξονας στο γράφημα εμφανίζει το ποσοστό ολοκλήρωσης ενός πλήρους κύκλου βάδισης.



Σχ. 1.3 Με ένα στροβοσκοπικό φως, μια κάμερα μπορεί να συλλάβει την περιστροφή του αντιβραχίου γύρω από τον αγκώνα. Αν δεν υπήρχαν οι ανατομικοί περιορισμοί του αγκώνα, το αντιβράχιο θα μπορούσε να περιστραφεί κατά 360 μοίρες γύρω από τον άξονα περιστροφής που εντοπίζεται στον αγκώνα (ανοιχτός κύκλος)

κινήσεις των άκρων ή του κορμού, ο άξονας περιστροφής εντοπίζεται εντός ή πολύ κοντά στην αρθρική δομή.

Η κίνηση του ενιαίου ανθρώπινου σώματος, ανεξάρτητα από μετατόπιση ή περιστροφή, μπορεί να περιγραφεί ως ενεργητική ή παθητική. Ενεργητικές κινήσεις προκαλούνται από ενεργοποιημένους μύες, όπως όταν κάμπτουμε τον αγκώνα για να πιούμε ένα ποτήρι νερό. Παθητικές κινήσεις, αντίθετα, προκαλούνται από αίτια πλην της ενεργητικής μυϊκής συστολής, όπως το σπρώξιμο ή το τράβηγμα από κάποιο άλλο άτομο, η έλξη της βαρύτητας, η τάση σε διατεταμένους συνδετικούς ιστούς και ούτω καθεξής.



Σχ. 1.4 Τα τρία κύρια επίπεδα του σώματος εμφανίζονται ενώ το άτομο στέκεται στην ανατομική θέση.

Οστεοκινηματική

ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η Οστεοκινηματική περιγράφει την κίνηση των οστών σχετικά με τα τρία βασικά επίπεδα του σώματος: οβελιαίο, μετωπιαίο και οριζόντιο. Αυτά τα επίπεδα κίνησης απεικονίζονται, μέσω ενός ατόμου που στέκεται στην ανατομική θέση, όπως στο Σχ. 1.4. Το οβελιαίο επίπεδο διατρέχει την οβελιαία ραφή του κρανίου, χωρίζοντας το σώμα σε δεξιό και αριστερό τμήμα. Το μετωπιαίο επίπεδο διατρέχει παράλληλα τη στεφανιαία ραφή του κρανίου, χωρίζοντας το σώμα σε πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα. Το οριζόντιο (ή εγκάρσιο) επίπεδο κινείται παράλληλα στον ορίζοντα και χωρίζει το σώμα σε άνω και κάτω τμήμα. Ένα δείγμα των όρων που χρησιμοποιούνται, για να περιγράψουν τις διαφορές στην οστεοκινηματική, εμφανίζεται στον Πίνακα 1.2. Πιο συγκεκριμένοι όροι παρατίθενται στα κεφάλαια που περιγράφουν τις διάφορες περιοχές του σώματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 Δείγμα κοινών οστεοκινηματικών όρων

Επίπεδο	Κοινοί όροι
Οβελιαίο επίπεδο	Κάμψη και έκταση Ραχιαία και πελματιαία κάμψη Πρόσθια και οπίσθια κάμψη
Μετωπιαίο επίπεδο	Απαγωγή και προσαγωγή Πλάγια κάμψη Ωλένια και κερκιδική απόκλιση Ανάσπαση έξω και έσω
Οριζόντιο επίπεδο	Πλάγια κάμψη Έσω και έξω στροφή Αξονική στροφή

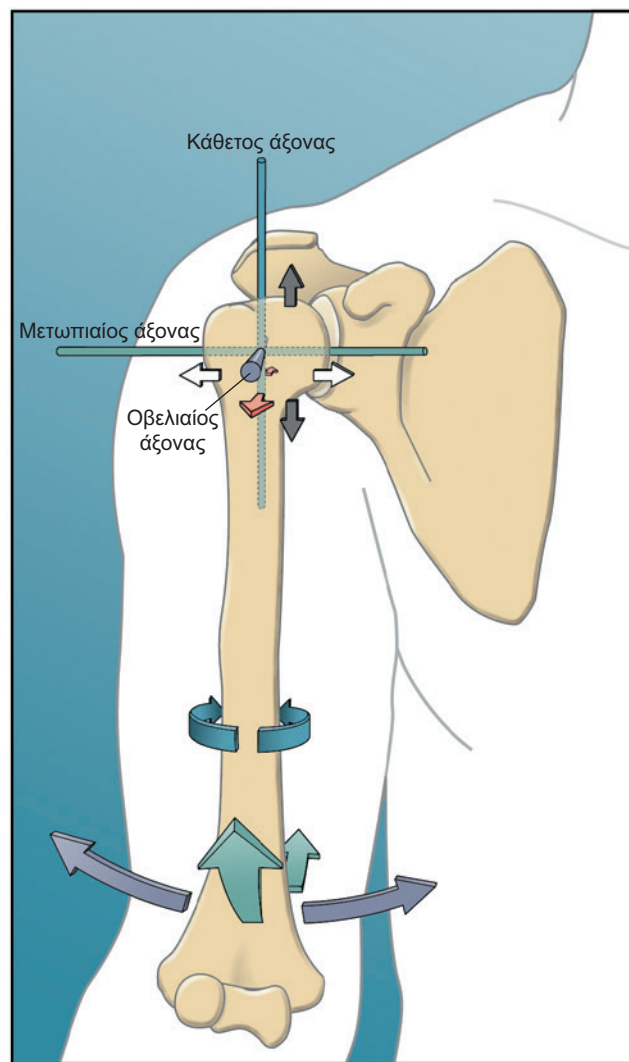
ΑΞΟΝΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Τα οστά περιστρέφονται γύρω από μια άρθρωση σε ένα επίπεδο που είναι κάθετο σε έναν άξονα περιστροφής. Υπολογιζόμενος αδρά, ο άξονας (ή σημείο στροφής) μπορεί να υποθεθεί ότι περνά μέσω του κυρτού μέλους της άρθρωσης. Ο ώμος, για παράδειγμα, επιτρέπει κίνηση και στα τρία επίπεδα και γι αυτό έχει τρεις άξονες περιστροφής (Σχ. 1.5). Μολονότι, οι τρεις ορθογώνιοι άξονες αποτυπώνονται ως στατικοί, στην πραγματικότητα, όπως σε όλες τις αρθρώσεις, κάθε άξονας μετακινείται ελαφρά κατά τη διάρκεια της κίνησης. Ο άξονας θα παρέμενε στατικός μόνο αν το κοίλο μέλος της άρθρωσης ήταν τέλεια σφαίρα, αρθρούμενο με ένα αμοιβαία τέλεια σχηματισμένο κυρτό μέλος. Το κυρτό μέλος στις περισσότερες αρθρώσεις, όπως στην βραχιόνια κεφαλή του ώμου, είναι ατελείς σφαίρες με μεταβλητές κυρτότητες. Το ζήτημα ενός μεταναστευτικού άξονα περιστροφής συζητείται περαιτέρω στο Κεφάλαιο 2.

ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ

Βαθμοί ελευθερίας είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων κατευθύνσεων των κινήσεων που επιτρέπει μια άρθρωση. Μια άρθρωση μπορεί να έχει μέχρι τρεις βαθμούς γωνιακής ελευθερίας, οι οποίοι αντιστοιχούν στα τρία κύρια επίπεδα. Όπως απεικονίζεται στο Σχ. 1.5, για παράδειγμα, ο ώμος έχει τρεις βαθμούς γωνιακής ελευθερίας, έναν για κάθε επίπεδο. Ο καρπός επιτρέπει μόνο δύο βαθμούς ελευθερίας (στροφή στο οβελιαίο και μετωπιαίο επίπεδο), και ο αγκώνας επιτρέπει μόνο έναν (στο οβελιαίο επίπεδο).

Εκτός κι εάν εξειδικευτεί διαφορετικά στη διάρκεια του κειμένου, ο όρος βαθμοί ελευθερίας υποδεικνύει τον αριθμό των επιτρεπόμενων επιπέδων γωνιακής κίνησης σε μια άρθρωση. Από μια αυστηρά μηχανική προοπτική, εντούτοις, οι βαθμοί ελευθερίας έχουν εφαρμογή σε γραμμικές καθώς και γωνιακές κινήσεις. Όλες οι δι-αρθρώσεις του σώματος κατέχουν τουλάχιστον μια ολι-



Σχ 1.5 Η δεξιά γληνοβραχιόνια (ώμος) άρθρωση, τονίζει τους ορθογώνιους άξονες περιστροφής και τα αντίστοιχα επίπεδα γωνιακής κίνησης: κάμψη και έκταση (πράσινα κυρτά βέλη) συμβαίνουν σε έναν μετωπιαίο άξονα (έσω-έξω) στροφής, η απαγωγή και προσαγωγή (μωβ κυρτά βέλη) συμβαίνουν σε έναν προσθιοπίσθιο άξονα στροφής και η έσω και έξω στροφές (μπλε κυρτά βέλη) συμβαίνουν σε έναν κάθετο άξονα στροφής. Κάθε άξονας περιστροφής είναι κωδικοποιημένος σύμφωνα με χρώμα με το αντίστοιχο του επίπεδο κίνησης. Τα μικρά ευθύγραμμα βέλη που εμφανίζονται παράλληλα με τον κάθε άξονα αναπαριστούν το ανεπαίσθητο δυναμικό ολίσθησης του βραχιονίου σχετικά με την ωμοπλάτη. Αυτή η εικόνα δείχνει τους γωνιακούς βαθμούς ελευθερίας καθώς και τους βαθμούς ελευθερίας στην ολίσθηση (Βλέπε στο κείμενο για περαιτέρω περιγραφή).

σθηση, οδηγούμενες ενεργητικά από τον μυ ή παθητικά, εξαιτίας της φυσιολογικής χαλαρότητας εντός της δομής της άρθρωσης. Οι ανεπαίσθητες παθητικές ολισθήσεις που συμβαίνουν στις περισσότερες αρθρώσεις αναφέρονται ως επικουρικές κινήσεις (ή «joint play») και κοινώς καθορίζονται από τρεις γραμμικές διευθύνσεις. Από την ανατομική θέση, ο προσανατολισμός στον χώρο και η διεύθυνση των επικουρικών κινήσεων, μπορεί να περιγραφεί σχετικά με τους τρεις άξονες περιστροφής. Στη χαλαρή γληνοβραχιόνια άρθρωση, για παράδειγμα, το

βραχιόνιο μπορεί να ολισθήσει ελαφρώς παθητικά: προ-σθιοπίστια, έσω-έξω και άνω-κάτω (βλέπε μικρά ευθύγραμμα βέλη κοντά στο εγγύς βραχιόνιο στο Σχ.1.5). Σε πολλές αρθρώσεις, το ποσό της ολίσθησης χρησιμοποιείται κλινικά για τον έλεγχο της υγείας της άρθρωσης. Υπέρμετρη ολίσθηση ενός οστού σχετικά με την άρθρωση, ενδέχεται να υποδηλώνει συνδεσμικό τραυματισμό ή μη φυσιολογική χαλαρότητα. Αντίθετα, μια σημαντική μείωση στην ολίσθηση (επικουρικές κινήσεις), ενδέχεται να υποδηλώνει παθολογική σκληρότητα εντός των περι-αρθρικών συνδετικών ιστών. Μη φυσιολογική ολίσθηση σε μια άρθρωση τυπικά επηρεάζει την ποιότητα των ενεργητικών κινήσεων, προκαλώντας εν δυνάμει αυξημένη ενδοαρθρική φόρτιση και μικροτραύμα.

ΟΣΤΕΟΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ: ΘΕΜΑ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗΣ

Γενικά, η αρθρική συνένωση δύο ή περισσότερων οστών ή οστέινων τμημάτων συνιστά μια άρθρωση. Κίνηση σε μια άρθρωση μπορεί, ως εκ τούτου, να θεωρηθεί από δύο προοπτικές: (1) το κεντρικό τμήμα μπορεί να περιστρέφεται πάνω σε ένα σχετικά σταθερό περιφερικό τμήμα και (2) το περιφερικό τμήμα μπορεί να περιστρέφεται πάνω σε ένα σχετικά σταθερό κεντρικό τμήμα. (Στην πραγματικότητα, και οι δύο προοπτικές μπορούν και συχνά συμβαίνουν ταυτόχρονα, μολονότι, προς διευκόλυνση της συζήτησης και ανάλυσης, αυτή η συνθήκη συχνά παραβλέπεται στο κείμενο.) Οι δύο κινηματικές προοπτικές εμφανίζονται για την κάμψη του γόνατος στο Σχ. 1.6. Ένας όρος, όπως κάμψη γόνατος, για παράδειγμα, περιγράφει μόνο τη σχετική κίνηση μεταξύ του μηρού και της κνήμης. Δεν περιγράφει ποιο από τα δύο τμήματα περιστρέφεται στην πραγματικότητα. Συχνά, είναι αναγκαίο να αναφέρεται το οστό, το οποίο θεωρείται το περιστρεφόμενο τμήμα. Όπως στο Σχ. 1.6, για πα-

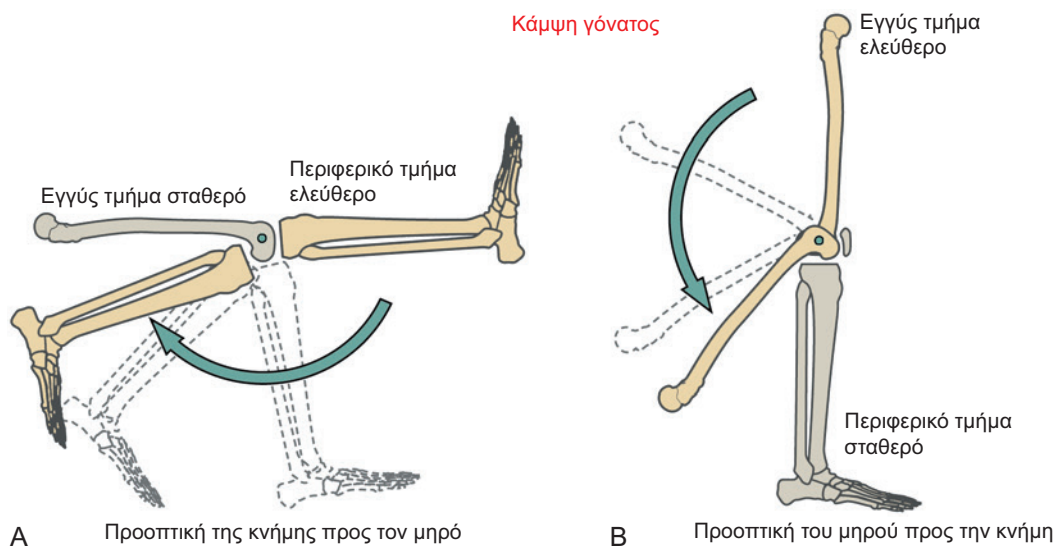
ράδειγμα, οι όροι κίνηση της κνήμης προς τον μηρό και κίνηση του μηρού προς την κνήμη περιγράφουν επαρκώς την οστεοκινηματική.

Οι περισσότερες κινήσεις ρουτίνας που εκτελούνται από τα άνω άκρα, περιλαμβάνουν την περιφερική προς εγγύς κινηματική. Αυτό αντανακλά την ανάγκη να μετακινούνται αντικείμενα με το χέρι προς και από το σώμα. Το εγγύς τμήμα μιας άρθρωσης στο άνω άκρο συνήθως σταθεροποιείται από μύες, τη βαρύτητα ή την αδράνειά της, ενώ το περιφερικό τμήμα συνήθως περιστρέφεται δίχως περιορισμό.

Η κίνηση του να φέρνουμε την τροφή στο στόμα ή να ρίχνουμε μια μπάλα, είναι κοινά παραδείγματα εκτέλεσης της κινηματικής του περιφερικού προς το εγγύς τμήμα, όπως είναι η κάμψη ή η έκταση των αγκώνων όταν κάποιος εκτελεί μια έλξη.

Τα κάτω άκρα συνήθως εκτελούν κινηματική του εγγύς προς το περιφερικό καθώς και κινηματική του περιφερικού προς το εγγύς τμήμα. Αυτές οι κινηματικές αντανακλούν εν μέρει τις δύο κύριες φάσεις της βάδισης: τη φάση στήριξης και τη φάση αιώρησης, όπου το μέλος προωθείται προς τα εμπρός. Πολλές από τις δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης και της βάδισης, χρησιμοποιούν και τις δύο στρατηγικές κινηματικής. Η κάμψη του γόνατος στην προετοιμασία για το κλότσημα μιας μπάλας, για παράδειγμα, είναι ένας τύπος κινηματικής του περιφερικού προς το εγγύς τμήμα (βλέπε Σχ. 1.6α). Το κατέβασμα στη θέση καθίσματος, αντίθετα, είναι ένα παράδειγμα κινηματικής του εγγύς προς το περιφερικό τμήμα (βλέπε Σχ. 1.6β). Στο τελευταίο παράδειγμα, υπάρχει μεγάλη απαίτηση από τον τετρακέφαλο για να ελέγξει το γόνατο κατά το σταδιακό χαμήλωμα του σώματος.

Οι όροι ανοιχτή και κλειστή κινηματική αλυσίδα είναι συχνοί και χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία της αποκατάστασης και στις κλινικές, για να περιγράψουν την



Σχ 1.6 Το παράδειγμα της Κινηματικής του γόνατος στο οβελιαίο επίπεδο δείχνει (Α) κινηματική του περιφερικού προς το εγγύς τμήμα και (Β) κινηματική του εγγύς προς το περιφερικό τμήμα

έννοια της σχετικής με τα τμήματα του σώματος κινηματικής. Μια κινηματική αλυσίδα αναφέρεται σε μια σειρά αρθρούμενων συνδέσμων, όπως είναι η λεκάνη, ο μηρός, η κνήμη και το πόδι στο κάτω άκρο. Οι όροι ανοιχτή και κλειστή τυπικά χρησιμοποιούνται για να δείξουν, εάν το περιφερικό τμήμα είναι σταθεροποιημένο στη γη ή σε κάποιο ακίνητο αντικείμενο. Μια ανοιχτή κινηματική αλυσίδα δεν είναι σταθεροποιημένη στη γη ή σε άλλο ακίνητο αντικείμενο. Συνεπώς, το περιφερικό τμήμα είναι ελεύθερο να κινηθεί (βλέπε Σχ. 1.6α).

Μια κλειστή κινηματική αλυσίδα περιγράφει μια κατάσταση στην οποία το περιφερικό τμήμα της κινητικής αλυσίδας είναι σταθερό στη γη ή σε ένα άλλο ακίνητο αντικείμενο. Στην περίπτωση αυτή το κεντρικό τμήμα είναι ελεύθερο να κινηθεί (βλέπε Σχ. 1.6β). Αυτοί οι όροι χρησιμοποιούνται εκτενώς για να περιγράφουν μεθόδους εφαρμογής της άσκησης των μυών με αντίσταση, ειδικά στις αρθρώσεις του κάτω άκρου.

Μολονότι πρόκειται για μια πολύ βολική ορολογία, οι όροι ανοιχτή και κλειστή κινηματική είναι συχνά αμφίσημοι. Από μια καθαρά μηχανική οπτική, οι όροι έχουν εφαρμογή περισσότερο στην κινηματική αλληλεξάρτηση μιας σειράς συνδεδεμένων άκαμπτων συνδέσεων, το οποίο δεν είναι ακριβώς το ίδιο με τους προηγούμενους ορισμούς. Από αυτήν την οπτική της μηχανικής, η αλυσίδα είναι κλειστή, εάν και τα δύο άκρα είναι σταθεροποιημένα σε ένα κοινό αντικείμενο, περισσότερο ως κλειστό κύκλωμα. Σε αυτήν την περίπτωση, κίνηση σε οποιοδήποτε σύνδεσμο απαιτεί μια κινηματική προσαρμογή σε έναν ή περισσότερους από τους υπόλοιπους κρίκους της αλυσίδας.

«Ανοίγοντας» την αλυσίδα, μέσω της αποσύνδεσης του ενός άκρου από τη σταθερή του πρόσφυση, διαταράσσεται αυτή η κινηματική αλληλεξάρτηση. Αυτή η πιο ακριβής ορολογία δεν έχει καθολική εφαρμογή σε όλες τις καταστάσεις που είναι σχετικές με την υγεία και τη μηχανική. Η εκτέλεση ενός μονοποδικού ημικαθίσματος,

για παράδειγμα, αναφέρεται συχνά στην κλινική πρακτική ως κλειστή κινηματική αλυσίδα. Εντούτοις, μπορεί να αντιπαρατεθεί ότι αυτό είναι μια ανοιχτή κινηματική αλυσίδα, αφού το αντίθετο πόδι δεν είναι σταθεροποιημένο στο έδαφος (διότι το κύκλωμα που σχηματίζεται συνολικά από το σώμα είναι ανοιχτό). Προς αποφυγή παρερμηνειών, σε αυτό το κείμενο χρησιμοποιούνται οι όροι ανοιχτή και κλειστή κινηματική αλυσίδα με φειδώ και προτιμάται να αναφέρεται λεπτομερώς ποιο τμήμα (περιφερικό ή κεντρικό) θεωρείται ακινητοποιημένο και ποιο θεωρείται ελεύθερο.

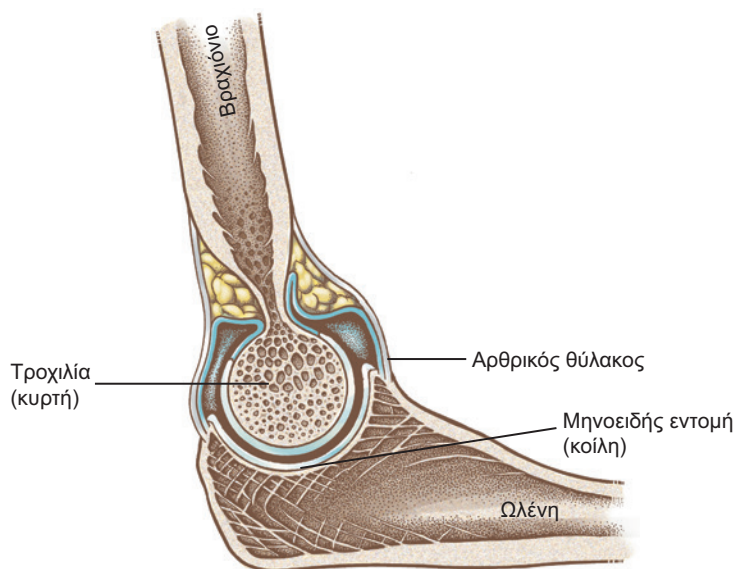
Αρθροκινηματική

ΤΥΠΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Η αρθροκινηματική περιγράφει την κίνηση που συμβαίνει μεταξύ των αρθρικών επιφανειών των αρθρώσεων. Όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 2, το σχήμα των αρθρικών επιφανειών των αρθρώσεων ποικίλει από επίπεδες σε καμπύλες. Οι περισσότερες αρθρικές επιφάνειες, εντούτοις, είναι τουλάχιστον ελαφρώς καμπύλες, με τη μια επιφάνεια να είναι σχετικά κυρτή και την άλλη σχετικά κοίλη (Σχ. 1.7). Η σχέση κυρτού-κοίλου των περισσότερων αρθρώσεων, βελτιώνει την επαλληλία τους (ταίριασμα), αυξάνει την επιφάνεια για απόσβεση των δυνάμεων επαφής και βοηθά στην καθοδήγηση της κίνησης μεταξύ των οστών.

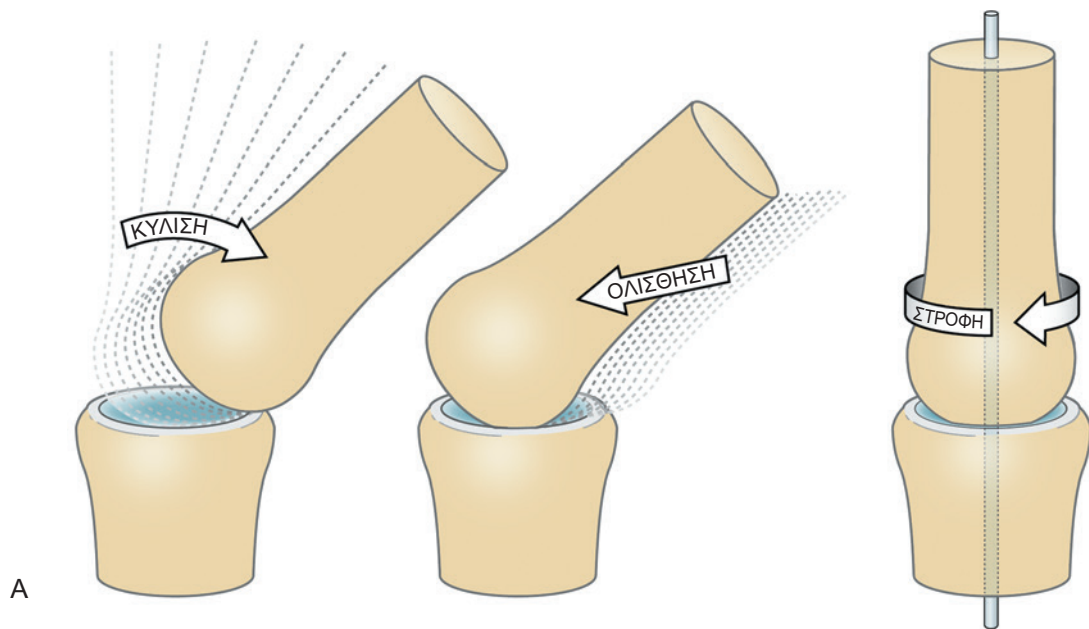
ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΑΡΘΡΙΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Υπάρχουν τρεις θεμελιώδεις κινήσεις μεταξύ των καμπύλων αρθρικών επιφανειών: η κύλιση, η ολίσθηση και η περιστροφή. Αυτές οι κινήσεις συμβαίνουν καθώς μια

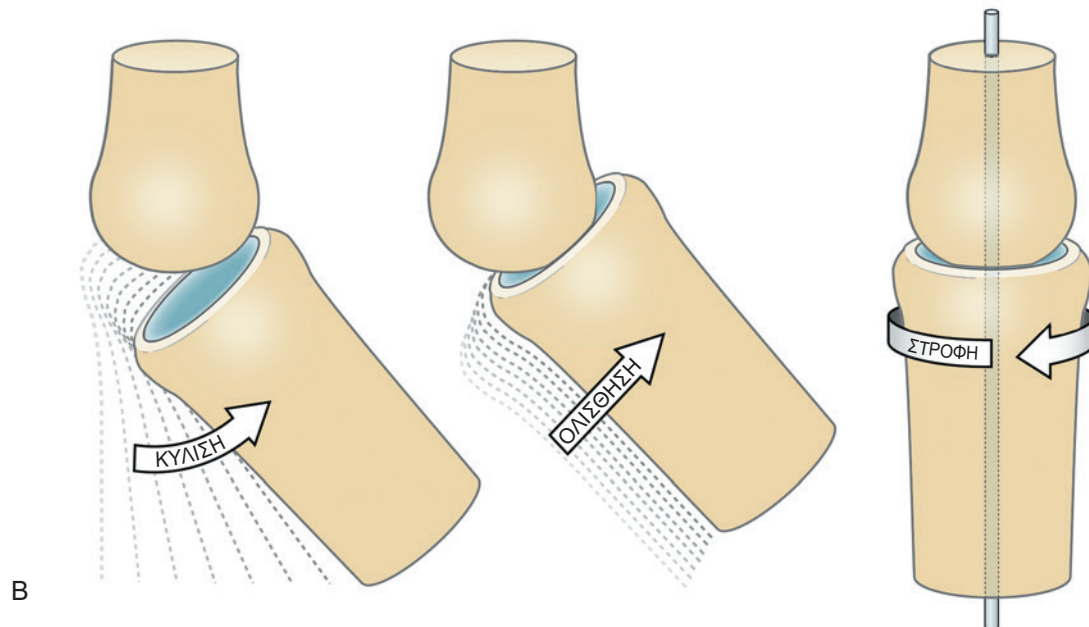


Σχ 1.7 Η βραχιονωλένια άρθρωση του αγκώνα είναι ένα παράδειγμα της σχέσης κυρτού-κοίλου ανάμεσα στις δυο αρθρικές επιφάνειες. Η τροχιλία του βραχιονίου είναι κυρτή και η τροχιακή εντομή της ωλένης είναι κοίλη.

Αρθροκινηματική κυρτού προς κοίλο



Αρθροκινηματική κοίλου προς κυρτό



Σχ. 1.8 Οι τρεις θεμελιώδεις αρθροκινηματικές που συμβαίνουν μεταξύ καμπύλων αρθρικών επιφανειών: κύλιση, ολίσθηση και περιστροφή. Α. Κίνηση κυρτού-προς-κοίλο. Β. Κίνηση κοίλου-προς-κυρτό.

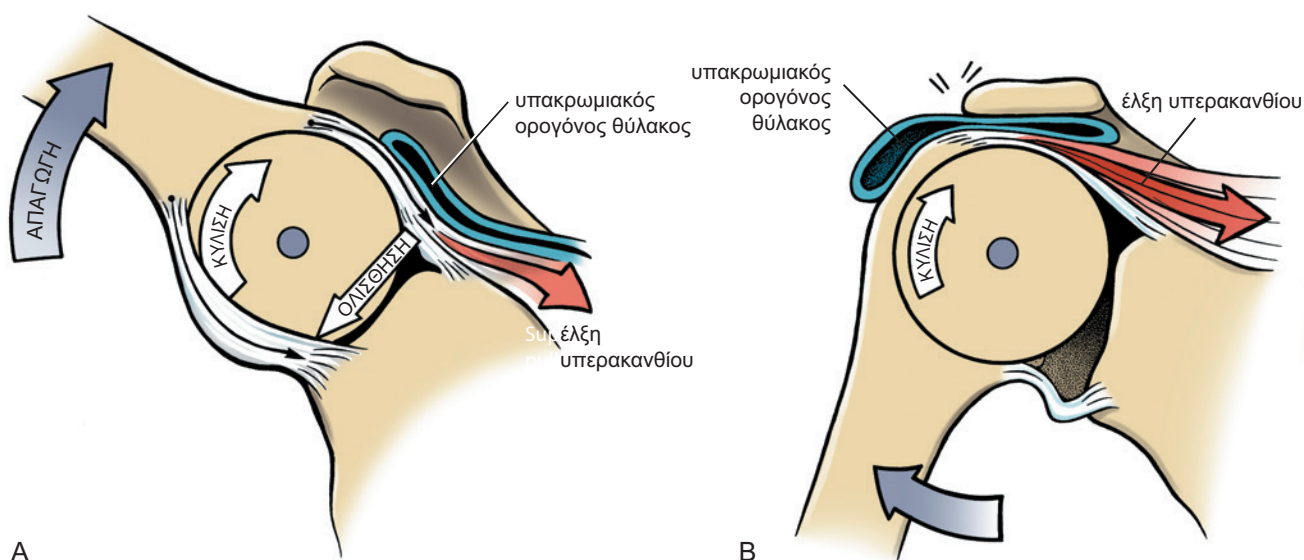
κυρτή επιφάνεια κινείται πάνω σε μια κοίλη και αντίθετα (Σχ. 1.8). Μολονότι χρησιμοποιούνται και άλλοι όροι, αυτοί οι όροι είναι χρήσιμοι για την οπτικοποίηση των σχετικών κινήσεων που συμβαίνουν μέσα σε μια άρθρωση. Οι όροι καθορίζονται επίσης στον Πίνακα 1.3.

Κινήσεις κύλισης-ολίσθησης

Ένας βασικός τρόπος που ένα οστό περιστρέφεται στον χώρο είναι με την κύλιση της αρθρικής του επιφάνειας, έναντι της αρθρικής επιφάνειας ενός άλλου οστού. Η μετακίνηση αυτή της κυρτής επί της κοίλης επιφάνειας

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3 Οι τρεις θεμελιώδεις αρθροκινηματικές: Κύλιση, Ολίσθηση, Στροφή

Κίνηση	Ορισμός	Αναλογία
Κύλιση	Πολλαπλά σημεία της μιας αρθρικής επιφάνειας έρχονται σε επαφή με πολλαπλά σημεία της άλλης αρθρικής επιφάνειας	Ένας τροχός που περιστρέφεται σε ένα δρόμο
Ολίσθηση	Ένα μοναδικό σημείο της μιας αρθρικής επιφάνειας έρχεται σε επαφή με πολλαπλά σημεία της άλλης αρθρικής επιφάνειας	Ένα μη περιστρεφόμενος τροχός που γλιστρά πάνω σε παγωμένη επιφάνεια
Στροφή	Ένα μοναδικό σημείο της μιας αρθρικής επιφάνειας έρχονται σε επαφή με ένα μοναδικό σημείο της άλλης αρθρικής επιφάνειας	Μια σβούρα που περιστρέφεται στο έδαφος



Σχ 1.9. Αρθροκινηματική στη γληνοβραχιόνια άρθρωση κατά τη διάρκεια της απαγωγής. Η ωμογλήνη είναι κοίλη και η βραχιόνια κεφαλή κυρτή. Α. Κινηματική κύλισης και ολίσθησης τυπική για μια κυρτή αρθρική επιφάνεια που κινείται πάνω σε μια σχετικά σταθερή κοίλη επιφάνεια. Β. Επιπτώσεις μιας κύλισης που συμβαίνει δίχως μια επαρκή αντισταθμιστική.

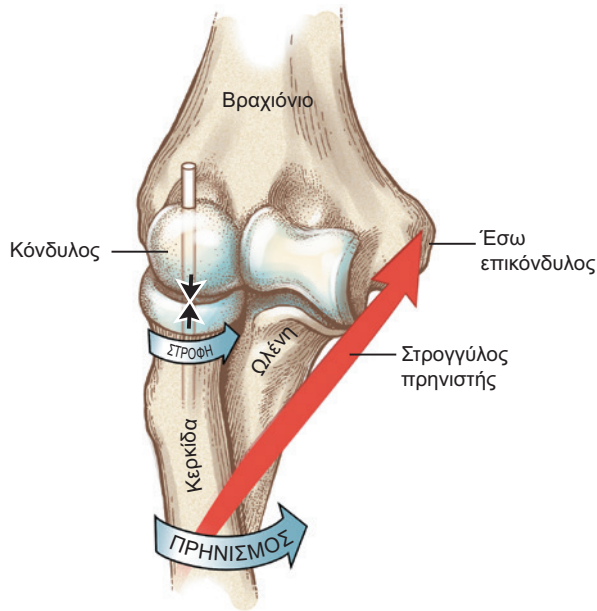
εμφανίζεται για την κίνηση της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης στο Σχ. 1.9α. Ο υπό συστολή υπερακάνθιος μυς κυλά την κυρτή βραχιόνια κεφαλή πάνω στην ελαφρά κοιλότητα της ωμογλήνης. Στην ουσία, η κύλιση κατευθύνει τη διαδρομή της οστεοκινηματικής κατά την απαγωγή του βραχιονίου. Μια κυλιόμενη κοίλη επιφάνεια, τυπικά περιλαμβάνει μια ταυτόχρονη, αντίθετης κατεύθυνσης ολίσθηση. Όπως εμφανίζεται στο Σχ. 1.9α, η προς τα κάτω ολίσθηση της βραχιόνιας κεφαλής, αντισταθμίζει το μεγαλύτερο μέρος της δυναμικής, για μετακίνηση προς τα πάνω, της κυλιόμενης βραχιόνιας κεφαλής. Η αντισταθμιστική κινηματική κύλισης-ολίσθησης είναι αντίστοιχη ενός ελαστικού αυτοκινήτου, που περιστρέφεται σε μια παγωμένη επιφάνεια. Η δυναμική του ελαστικού για περιστροφή προς τα εμπρός στον παγωμένο δρόμο, αντισταθμίζεται από μια συνεχή ολίσθηση προς

την αντίθετη από την επιθυμητή κατεύθυνση. Ένα κλασικό παθολογικό παράδειγμα της κυρτής επιφάνειας που κυλά, δίχως την αντισταθμιστική ολίσθηση, εμφανίζεται στο Σχ. 1.9β. Η βραχιόνια κεφαλή μετακινείται προς τα επάνω και προσκρούει στους ευαίσθητους ιστούς του υποακρωμιακού χώρου. Αυτή η μετακίνηση τροποποιεί τη σχετική θέση του άξονα περιστροφής και αυτό μπορεί να διαφοροποιήσει την αποτελεσματικότητα των μυών που διατρέχουν την γληνοβραχιόνια άρθρωση.

Όπως εμφανίζεται στο Σχ. 1.9α η ταυτόχρονη κίνηση κύλισης-ολίσθησης, μεγιστοποιεί τη γωνιακή μετατόπιση του υπό απαγωγή βραχιονίου και ελαχιστοποιεί την καθαρή ολίσθηση μεταξύ των αρθρικών επιφανειών. Αυτός ο μηχανισμός είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε αρθρώσεις στις οποίες η αρθρική επιφάνεια του κοίλου είναι μεγαλύτερη από εκείνη του κυρτού τμήματος.

Περιστροφή

Ένας ακόμη βασικός τρόπος με τον οποίον ένα οστό κινείται σε μια άρθρωση είναι μέσω της περιστροφής των αρθρικών του επιφανειών πάνω στην αρθρική επιφάνεια

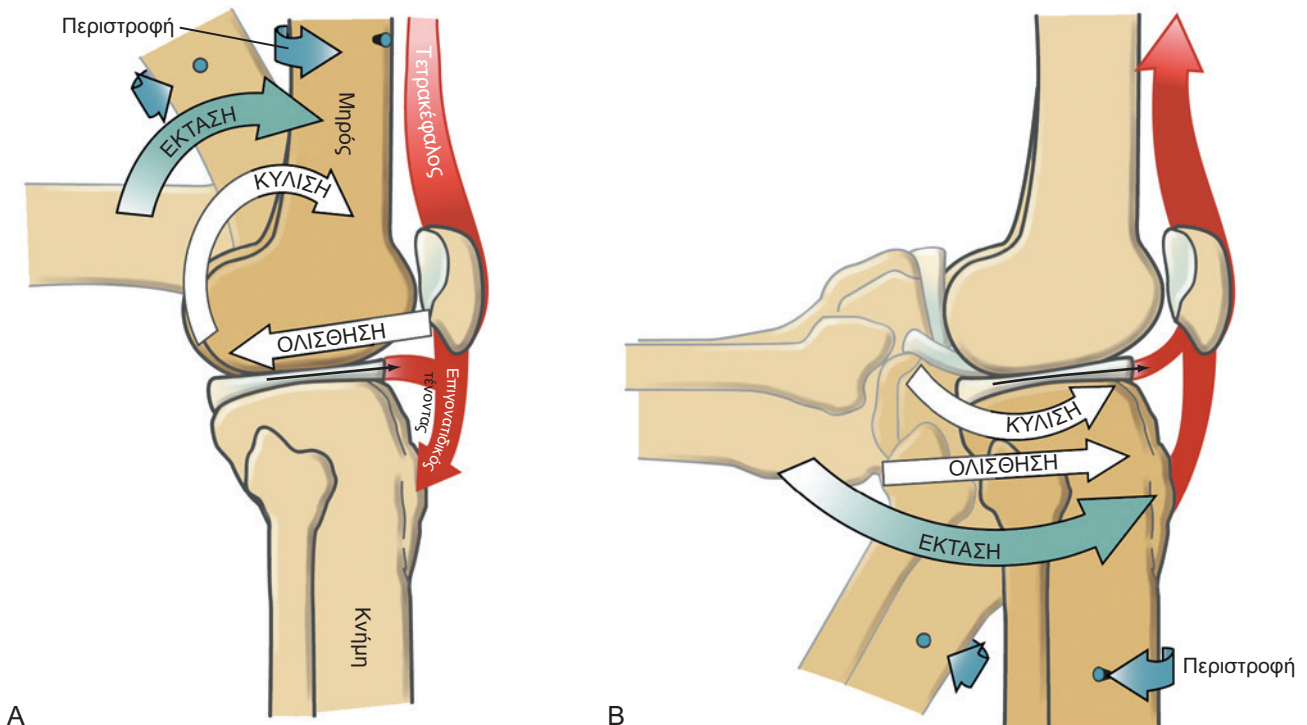


Σχ 1.10. Ο πρηνισμός του αντιβραχίου εμφανίζει ένα παράδειγμα της στροφικής κίνησης μεταξύ της κεφαλής της κερκίδας και του κονδύλου του βραχιονίου. Το ζεύγος των αντίθετων μαύρων βελών υποδεικνύει τις συμπιεστικές δυνάμεις μεταξύ της κεφαλής της κερκίδας και του κονδύλου.

ενός άλλου οστού. Αυτό συμβαίνει καθώς η κερκίδα περιστρέφεται πάνω στην κεφαλή του βραχιονίου κατά τον πρηνισμό του αντιβραχίου (Σχ1.10). Άλλα παραδείγματα περιλαμβάνουν την έσω και έξω στροφή στην γληνοβραχιόνια άρθρωση στις 90 μοίρες απαγωγής και την κάμψη και έκταση του ισχίου. Η περιστροφή είναι ο βασικός μηχανισμός της στροφής της άρθρωσης, κατά την οποία ο επιμήκης άξονας του κινούμενου οστού τέμνει την επιφάνεια της άλλης πλευράς της άρθρωσης σε ορθή γωνία.

Κινήσεις που Συνδυάζουν Κινηματική Κύλισης-Ολίσθησης και Περιστροφή

Πολλές αρθρώσεις σε όλο το σώμα συνδυάζουν την κινηματική κύλισης-ολίσθησης με περιστροφή. Ένα κλασικό παράδειγμα αυτού του συνδυασμού συμβαίνει κατά την κάμψη και έκταση του γόνατος. Όπως εμφανίζεται κατά την έκταση του μηρού προς την κνήμη (Σχ. 1.11Α), ο μηριαίος κόνδυλος κυλά και ολισθαίνει σε σχέση με την σταθεροποιημένη κνήμη. Αυτή η αρθροκινηματική εμφανίζεται, επίσης, καθώς η κνήμη εκτείνεται επί ενός σταθεροποιημένου μηρού στο Σχ. 1.11β. Η περιστροφική κίνηση του γόνατος, η οποία συμβαίνει με κάμψη και έκταση, γίνεται αυτόματα και είναι μηχανικά αλληλένδετη με την θεμελιώδη κίνηση της έκτασης. Όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 13, η υποχρεωτική περιστροφή βασίζεται στο σχήμα των αρθρικών επιφανειών του γόνατος. Η συνοδός περιστροφή βοηθά στο ασφαλές κλείδωμα του γόνατος σε πλήρη έκταση.



Σχ 1.11. Η έκταση του γόνατος παρουσιάζει ένα συνδυασμό κινηματικής κύλισης-και-ολίσθησης με περιστροφή. Ο μηριαίος κόνδυλος είναι κυρτός και το κνημιαίο πλατύ είναι ελαφρώς κόλλο. Α. Έκταση (γόνατος) Μηρού προς κνήμη Β. Έκταση (γόνατος) Κνήμης προς μηρό

ΠΡΟΒΛΕΠΟΝΤΑΣ ΕΝΑ ΑΡΘΡΟΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΑΡΘΡΙΚΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ

Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, οι περισσότερες αρθρικές επιφάνειες των οστών είναι κυρτές ή κοίλες. Ανάλογα με το ποιο οστό κινείται, η κυρτή επιφάνεια μπορεί να περιστραφεί επί της κοίλης ή αντίθετα (σύγκρινε το Σχ. 1.11α με το Σχ. 1.11β). Κάθε σενάριο παρουσιάζει ένα διαφορετικό αρθροκινηματικό πρότυπο κύλισης και ολίσθησης. Όπως παρουσιάζεται στα Σχ. 1.1α και 1.9α για τον ώμο, κατά την κίνηση του κυρτού επί του κοίλου, η κυρτή επιφάνεια κυλά και ολισθαίνει σε αντίθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις. Όπως έχει ήδη περιγραφεί, η αντίθετη ολίσθηση αντισταθμίζει την περισσότερη από την ενδογενή τάση για μετατόπιση πάνω στην κοίλη επιφάνεια.

Κατά την κίνηση του κοίλου επί του κυρτού, όπως περιγράφεται στο Σχ. 1.11β, η κοίλη επιφάνεια κυλά και ολισθαίνει προς την ίδια διεύθυνση. Αυτές οι δυο αρχές είναι πολύ χρήσιμες για την οπτικοποίηση της αρθροκινηματικής κατά τη διάρκεια της κίνησης. Επιπρόσθετα, οι αρχές εξυπηρετούν στη βάση κάποιων «δια χειρός» θεραπευτικών τεχνικών¹⁸. Εξωτερικές δυνάμεις μπορούν να εφαρμοστούν από έναν κλινικό θεραπευτή, ώστε να υποβοηθούν ή να καθοδηγούν τη φυσιολογική αρθροκινηματική. Για παράδειγμα, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις η γληνοβραχιόνια απαγωγή μπορεί να διευκολυνθεί, μέσω της εφαρμογής μιας προς τα κάτω κατευθυνόμενης δύναμης στο εγγύς βραχιόνιο, ταυτόχρονα με την ενεργητική προσπάθεια απαγωγής. Οι αρθροκινηματικές αρχές βασίζονται στη γνώση της μορφολογίας της άρθρωσης.

Αρχές Αρθροκινηματικής της Κίνησης

- Για μια κίνηση της κυρτής προς την κοίλη επιφάνεια, το κυρτό τμήμα κυλά και ολισθαίνει σε αντίθετες κατευθύνσεις
- Για μια κίνηση της κυρτής προς την κοίλη επιφάνεια, το κοίλο τμήμα κυλά και ολισθαίνει προς την ίδια κατεύθυνση

ΘΕΣΕΙΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΣΥΝΤΑΞΗΣ ΣΕ ΜΙΑ ΑΡΘΡΩΣΗ

Το ζεύγος των αρθρικών επιφανειών στις περισσότερες αρθρώσεις «ταιριάζει» καλύτερα σε μια μόνο θέση, συνήθως στο τέλος ή κοντά στο τέλος του εύρους κίνησης. Αυτή η θέση της μέγιστης επαλληλίας αναφέρεται ως θέση κλειστής σύνταξης (closed packed)²¹. Στη θέση αυτή, οι περισσότεροι σύνδεσμοι και τα τμήματα του θύλακα είναι σε διατεταμένη θέση, παρέχοντας ένα στοιχείο φυσικής σταθεροποίησης στην άρθρωση. Οι επικοινωνικές κινήσεις είναι τυπικά ελάχιστες στη θέση κλειστής σύνταξης.

Για πολλές αρθρώσεις του κάτω άκρου, η θέση κλειστής σύνταξης σχετίζεται με κάποια συνηθισμένη λειτουργία. Στο γόνατο, για παράδειγμα, η θέση κλειστής ανάταξης περιλαμβάνει την πλήρη έκταση – μια θέση η οποία τυπικά προσεγγίζεται στην όρθια στάση. Η συνδυασμένη επίδραση της μέγιστης αρθρικής σύμπτωσης και της διάταξης των συνδέσμων, παρέχει τη σταθερότητα στο γόνατο.

Όλες οι θέσεις, εξαιρουμένης της κλειστής σύνταξης αναφέρονται ως θέσεις χαλαρής σύνταξης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι σύνδεσμοι και ο θύλακος είναι σχετικά χαλαροί, επιτρέποντας μια αύξηση στις επικουρικές κινήσεις. Η άρθρωση, γενικά, βρίσκεται σε μικρότερη σύμπτωση των επιφανειών της, κοντά στο μέσο της τροχιάς. Στο κάτω άκρο, οι θέσεις χαλαρής σύνταξης των μεγάλων αρθρώσεων βρίσκονται προς την κάμψη. Αυτές οι θέσεις προτιμούνται από τον ασθενή κατά τις περιόδους μακράς ακινητοποίησης, όπως σε παρατεταμένο κλινοστατισμό.

ΚΙΝΗΤΙΚΗ

Κινητική ονομάζεται ο τομέας της μελέτης της μηχανικής που περιγράφει την επίδραση των δυνάμεων στο σώμα. Το θέμα της κινητικής εισάγεται εδώ, καθώς έχει εφαρμογή στο μυοσκελετικό σύστημα. Μια πιο αναλυτική και μαθηματική προσέγγιση σε αυτό το αντικείμενο, παρέχεται στο Κεφάλαιο 4.

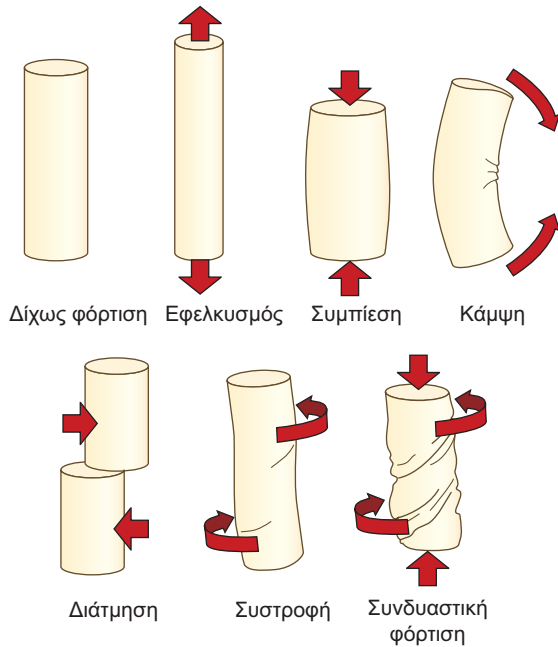
Από μια κινησιολογική προοπτική, ως δύναμη μπορεί να θεωρείται η ώθηση ή έλξη που μπορεί να παράγει, να αναστείλει ή να τροποποιήσει την κίνηση. Οι δυνάμεις, ως εκ τούτου, παρέχουν το τελικό αίτιο για την κίνηση και σταθεροποίηση του σώματος. Όπως περιγράφεται από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, η ποσότητα της δύναμης (F) μπορεί να μετρηθεί από το γινόμενο της μάζας που ωθείται ή έλκεται, με την επιτάχυνση (a) της μάζας. Ο τύπος $F=ma$, δείχνει ότι, δεδομένης μιας σταθερής μάζας, η δύναμη κατευθύνεται απολύτως αναλογικά με την επιτάχυνση της μάζας: μετρώντας τη δύναμη αποδίδεται η επιτάχυνση και το αντίθετο. Μια δύναμη ισούται με μηδέν όταν η επιτάχυνση της μάζας είναι μηδέν.

Η πρότυπη διεθνής μονάδα δύναμης είναι το newton (N): $1N=1kg \times 1m/sec^2$. Το Αγγλικό αντίστοιχο του newton είναι η λίμπρα (pound, [lb]): $1lb = 1slug \times ft/sec^2$ ($4,448 N = 1lb$).

Μυοσκελετικές Δυνάμεις

ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΤΟ ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Μια δύναμη που δρα σε ένα σώμα συχνά αναφέρεται ως φορτίο. Οι δυνάμεις ή τα φορτία που μετακινούν, ακινητοποιούν ή αλλιώς σταθεροποιούν το σώμα έχουν, επίσης, τη δυναμική να παραμορφώσουν και να τραυ-



Σχ. 1.12 Ο τρόπος με τον οποίο οι δυνάμεις ή τα φορτία εφαρμόζονται πιο συχνά στο μυοσκελετικό σύστημα. Η συνδυασμένη φόρτιση της συστολής και συμπίεσης απεικονίζεται επίσης.

ματίσουν το σώμα. Τα φορτία, που συχνά εφαρμόζονται στο μυοσκελετικό σύστημα, απεικονίζονται στο Σχ. 1.12. (Βλέπε το λεξιλόγιο στο τέλος του κεφαλαίου για επίσημους ορισμούς.) Οι υγιείς ιστοί τυπικά είναι ικανοί να αντιστέκονται μερικώς σε αλλαγές στη δομή και στο σχήμα τους. Η δύναμη που διατείνει έναν υγιή σύνδεσμο, για παράδειγμα, αντιμετωπίζεται από μια εσωτερική τάση, που αναπτύσσεται εντός του υπό επιμήκυνση ιστού. Οποιοσδήποτε ιστός εξασθενημένος από νόσο, τραύμα ή παρατεταμένη αχρησία ενδέχεται να μην είναι ικανός να αντισταθεί επαρκώς στα φορτία που απεικονίζονται στο Σχ. 1.12. Ο εξασθενημένος, λόγω οστεοπόρωσης, εγγύς μηρός, για παράδειγμα, ενδέχεται να υποστεί κάταγμα από πτώση, δευτερογενώς, εξαιτίας της *συμπίεσης ή της συστολής, της διάτμησης ή της κάμψης* του αυχένα του μηριαίου. Κάταγμα μπορεί επίσης να λάβει χώρα σε ένα βαριά οστεοπορωτικό ισχίο, μετά από μια πολύ ισχυρή μυϊκή συστολή.

Η ικανότητα των περιαρθρικών συνδετικών ιστών να δέχονται και να διαχέουν φορτία είναι ένα σημαντικό θέμα έρευνας στη φυσική αποκατάσταση, χειροπρακτική και ορθοπαιδική^{9,14}.

Κλινικοί θεραπευτές και επιστήμονες έχουν δείξει μεγάλο ενδιαφέρον σχετικά με το πώς μεταβλητές, όπως η γήρανση, το τραύμα, η τροποποιημένη δραστηριότητα, τα επίπεδα της φόρτισης βάρους ή η περίοδος παρατεταμένης ακινητοποίησης, επηρεάζουν τις λειτουργίες ανοχής του βάρους των περιφερικών συνδετικών ιστών. Μια εργαστηριακή μέθοδος μέτρησης της ικανότητας ενός συνδετικού ιστού να ανέχεται μια τάση είναι ο σχηματισμός του διαγράμματος της δύναμης που απαιτείται, για



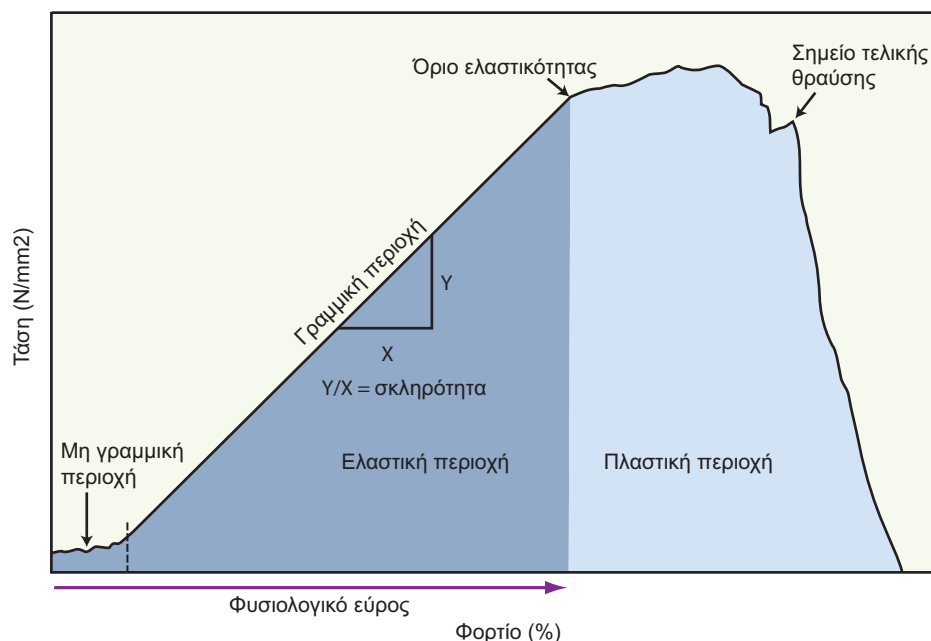
ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΜΑ 1.1

Το Σωματικό Βάρος συγκρινόμενο με τη Σωματική Μάζα

Ένα χιλιόγραμμα (Kg) είναι μονάδα της μάζας, η οποία υποδηλώνει τον σχετικό αριθμό των σωματιδίων μέσα σε ένα αντικείμενο. Με την αυστηρή έννοια, συνεπώς, ένα χιλιόγραμμα είναι το μέτρο της μάζας, όχι του βάρους. Υπό την επίδραση της βαρύτητας, όμως, μια μάζα 1 Kg ζυγίζει σχεδόν 9,8 N (2,2lb). Αυτό είναι το αποτέλεσμα της βαρύτητας που δρα για να επιταχύνει τη μάζα του 1 kg προς το κέντρο της γης, με ρυθμό περίπου 9,8 m/sec². Πολύ συχνά, όμως, το βάρος του σώματος εκφράζεται σε χιλιόγραμμα. Η παραδοχή είναι ότι η επιτάχυνση που προέρχεται από τη βαρύτητα, η οποία δρα στο σώμα, είναι σταθερή και για πρακτικούς λόγους παραβλέπεται. Τεχνικά, όμως, το βάρος ενός ατόμου ποικίλει αντίστροφα με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ της μάζας του ατόμου και της απόστασης από τη γη. Ένα άτομο στην κορυφή του Everest στα 8.852 m, για παράδειγμα, ζυγίζει ελαφρώς λιγότερο από μια πανομοιότυπη μάζα στο επίπεδο της θάλασσας. Η επιτάχυνση που προκύπτει από την επίδραση της βαρύτητας στο Everest είναι 9,782 m/sec² συγκριτικά με τα 9,806 m/sec² στο επίπεδο της θάλασσας.

να παραμορφώσει έναν δείγμα ιστού μετά από εκτομή⁵. Αυτός ο τύπος πειράματος, τυπικά πραγματοποιείται με τη χρήση ζωικών ή πτωματικών δειγμάτων. Το Σχ. 1.13 δείχνει ένα θεωρητικό διάγραμμα της τάσης που αναπτύσσεται γενικώς από έναν σύνδεσμο (ή τένοντα), ο οποίος έχει διαταθεί ως το σημείο της μηχανικής θραύσης. Ο κάθετος (Y) άξονας του διαγράμματος δηλώνει την τάση, έναν όρο που υπονοεί την εσωτερική αντίσταση που αναπτύσσεται, καθώς ο σύνδεσμος αντιστέκεται στην παραμόρφωση, διαιρούμενη με την εγκάρσια διατομή της.

(Οι μονάδες της φόρτισης είναι παρόμοιες με της πίεσης: N/mm²). Ο οριζόντιος άξονας (X) δηλώνει την επιμήκυνση, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι η ποσοστιαία αύξηση του μήκους ενός υπό διάταση ιστού, σχετικά με το προ του πειράματος αρχικό μήκος του²⁰. (Μια παρόμοια διαδικασία μπορεί να εκτελεστεί με συμπίεση αντί της διάτασης ενός τμήματος αρθρικού χόνδρου ή οστού μετά από πειραματική εκτομή, για παράδειγμα, και στη συνέχεια σχεδίαση του μεγέθους του φορτίου που παράγεται εντός του ιστού.) Παρατηρήστε στο Σχ. 1.13 ότι κάτω από σχετικά ελαφρά επιμήκυνση, ο σύνδεσμος παράγει μόνο ένα μικρό ποσό τάσης. Αυτή η *μη γραμμική* περιοχή του γραφήματος, αντανακλά το γεγονός ότι οι κολλαγόνες ίνες του ιστού είναι, αρχικά, κυματοειδείς και πρέπει να τεντώσουν πρώτα, πριν μετρηθεί σημαντική τάση¹⁴. Επιπλέον επιμήκυνση, εντούτοις, δείχνει μια γραμμική σχέση μεταξύ τάσης και επιμήκυνσης. Ο λόγος



Σχ 1.13. Η σχέση φόρτισης- επιμήκυνσης ενός τετμημένου συνδέσμου ο οποίος έχει διαταθεί στο σημείο της μηχανικής αποτυχίας (ρήξης).

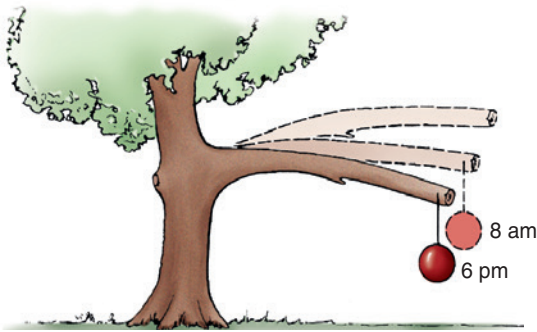
της τάσης (Y) που προκαλείται από μια εφαρμοζόμενη τάση (X) στο σύνδεσμο είναι μέτρο της *σκληρότητας* του (συχνά αναφερόμενη ως *μέτρο του Young*). Όλοι οι φυσιολογικοί συνδετικοί ιστοί εντός του μυοσκελετικού συστήματος παρουσιάζουν κάποιο βαθμό σκληρότητας. Ο κλινικός όρος «σφίξιμο» συνήθως υπονοεί μια παθολογική κατάσταση μη φυσιολογικής σκληρότητας.

Οι αρχικές, μη γραμμικές και στη συνέχεια γραμμικές περιοχές της καμπύλης, εμφανίζονται στο Σχ. 1.13 και συχνά αναφέρονται ως *ελαστική περιοχή*. Οι σύνδεσμοι, για παράδειγμα, συνήθως διατείνονται εντός των χαμηλών ορίων της ελαστικής περιοχής τους. Ο πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος, για παράδειγμα, διατείνεται περίπου κατά 3-4%, κατά τη διάρκεια κοινών δραστηριοτήτων, όπως το ανέβασμα σκάλας, η ποδηλασία ή το κάθισμα^{6,7,11}. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ένας υγιής και σχετικά νέος σύνδεσμος που διατείνεται εντός της ελαστικής ζώνης, επιστρέφει στο φυσιολογικό του μήκος, μόλις η δύναμη παραμόρφωσης απομακρυνθεί. Το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη (με πιο σκούρο μπλε) αναπαριστά την *ενέργεια για την ελαστική παραμόρφωση*. Η περισσότερη από την ενέργεια που χρησιμοποιείται για να παραμορφώσει έναν ιστό απελευθερώνεται όταν απομακρυνθεί η δύναμη. Ακόμη και με τη στατική έννοια, η ελαστική ενέργεια έχει μια σημαντική λειτουργία εντός των αρθρώσεων. Όταν υφίσταται ακόμη και ένα μέτριο ποσό διάτασης στην ελαστική περιοχή, οι σύνδεσμοι και άλλοι συνδετικοί ιστοί αποδίδουν σημαντικές λειτουργίες σταθεροποίησης.

Ένας ιστός που έχει επιμηκυνθεί πέρα από το φυσιολογικό του εύρος, τελικά, φτάνει στο *όριο ελαστικότητας* του. Στο σημείο αυτό, αυξημένη τάση καταλήγει σε οριστική μόνο αύξηση της τάσης. Αυτή η φυσιολογική συμπε-

ριφορά ενός υπερδιατεταμένου (ή υπερσυμπιεσμένου) ιστού, είναι γνωστή ως *πλαστικότητα*. Ο υπερδιατεταμένος ιστός έχει υποστεί *πλαστική παραμόρφωση*. Στο σημείο αυτό συμβαίνουν θραύσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο και ο ιστός παραμένει μόνιμα παραμορφωμένος. Το εμβαδόν κάτω από την περιοχή της καμπύλης (ανοιχτό μπλε) αναπαριστά την *ενέργεια πλαστικής παραμόρφωσης*. Αντίθετα με την ενέργεια της ελαστικής παραμόρφωσης, η ενέργεια της πλαστικής παραμόρφωσης δεν επανακτάται στο σύνολό της, ακόμη κι εάν η δύναμη απομακρυνθεί. Όσο η επιμήκυνση συνεχίζει, ο σύνδεσμος, τελικά, φτάνει στο τελικό σημείο θραύσης του, το σημείο όπου ο ιστός μερικώς ή ολικώς διαχωρίζεται και χάνει την ικανότητά του να συγκρατήσει οποιοδήποτε επίπεδο τάσης. Οι περισσότεροι υγιείς τένοντες φτάνουν σε θραύση περίπου στο 8-13% πέραν του προ της διάτασης μήκους τους²⁴.

Το διάγραμμα στο Σχ. 1.13 δεν δείχνει τη μεταβλητή του χρόνου στην εφαρμογή του φορτίου. Οι ιστοί στους οποίους οι φυσικές ιδιότητες σχετίζονται με την αλλαγή στην καμπύλη τάσης-επιμήκυνσης ως λειτουργία του χρόνου ονομάζονται *ιξωδοελαστικοί*. Οι περισσότεροι ιστοί στο μυοσκελετικό σύστημα παρουσιάζουν κάποιον βαθμό ιξωδοελαστικότητας. Ένα φαινόμενο του ιξωδοελαστικού υλικού είναι ο ερπυσμός. Όπως παρουσιάζεται μέσω του κλαδιού δέντρου στο Σχ. 1.14, ο ερπυσμός περιγράφει μια προοδευτική παραμόρφωση του υλικού, όταν αυτό εκτίθεται σε ένα συνεχές φορτίο, σε βάθος χρόνου. Το φαινόμενο του ερπυσμού βοηθά να εξηγηθεί γιατί ένα άτομο είναι ψηλότερο το πρωί απ' ό,τι είναι το βράδυ. Η συνεχής συμπίεση που προκαλείται από το σωματικό βάρος στη σπονδυλική στήλη, στη διάρκεια της ημέρας, κυριολεκτικά εξωθεί μια μικρή ποσότητα υγρού έξω από



Σχ 1.14 Το βάρος του κλάδου του δένδρου επιδεικνύει μια χρονοεξαρτώμενη ιδιότητα ερπυσμού σχετιζόμενη με ένα ιξωδοελαστικό υλικό. Κρεμώντας ένα φορτίο στον κλάδο στις 8 μ.μ. δημιουργεί μια έμμεση παραμόρφωση. Στις 6 μ.μ., το φορτίο έχει προκαλέσει επιπρόσθετη παραμόρφωση στον κλάδο. (Από Panjabi MM, White AA: *Biomechanics in the musculoskeletal system*, New York, 2001, Churchill Livingstone.)

τον μεσοσπονδύλιο δίσκο. Το υγρό επαναπορροφάται τη νύχτα, ενώ το άτομο κοιμάται σε μια μη βαρομεταφερόμενη θέση.

Η καμπύλη τάσης-επιμήκυνσης ενός ιξωδοελαστικού υλικού είναι επίσης ευαίσθητη στο ρυθμό της φόρτισης του ιστού. Γενικά, η κλίση της σχέσης τάσης-επιμήκυνσης, σε τάση ή συμπίεση, αυξάνει όταν υποβάλλεται σε επιμήκυνση ή συμπίεση²⁰. Η ευαίσθητη στο ρυθμό φύση των ιξωδοελαστικών συνδετικών ιστών μπορεί να προστατεύσει τους γειτονικούς ιστούς στο μυοσκελετικό σύστημα. Ο αρθρικός χόνδρος στο γόνατο, για παράδειγμα, γίνεται σκληρότερος καθώς ο ρυθμός συμπίεσης αυξάνει¹⁹, όπως κατά τη διάρκεια του τρεξίματος. Η αυξημένη σκληρότητα παρέχει μεγαλύτερη προστασία στο υποχόνδριο οστό, την ώρα που οι δυνάμεις που δρουν στην άρθρωση είναι μεγαλύτερες.



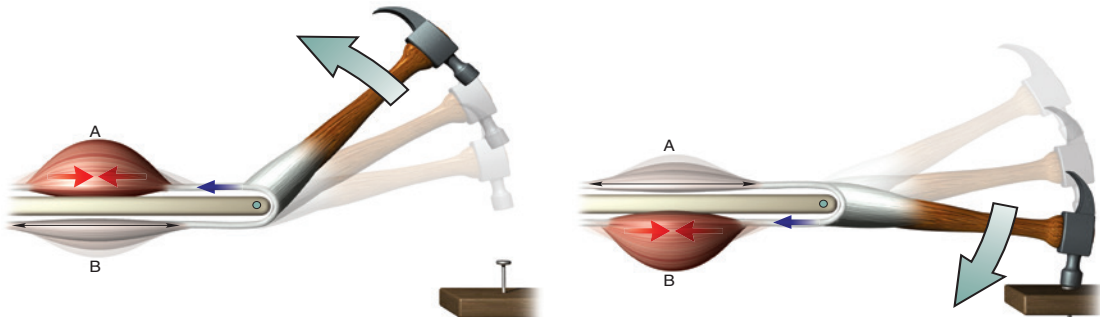
ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΜΑ 1.2

Παραγωγικός αλγόριθμος: Η ικανότητα του σώματος να μετατρέπει την παθητική τάση σε χρήσιμο έργο

Ένας διατεταμένος ή επιμηκυμένος ιστός στο σώμα, γενικά, παράγει τάση (δηλαδή μια δύναμη αντίστασης που αντισταθεί στη διάταση). Σε παθολογικές καταστάσεις, αυτή η τάση μπορεί να είναι αφύσικα μεγάλη, με αποτέλεσμα να παρεμβάλλεται στη λειτουργική κινητικότητα. Σε αυτό το βιβλίο παρουσιάζονται πολλά παραδείγματα, όμως, που επεξηγούν πως σχετικά χαμηλά επίπεδα τάσης, που παράγονται από τους διατεταμένους συνδετικούς ιστούς (συμπεριλαμβανομένου του μυός), επιτελούν χρήσιμες λειτουργίες. Αυτό το φαινόμενο καλείται παραγωγικός ανταγωνισμός και παρουσιάζεται για ένα ζεύγος μυών με ένα απλουστευμένο μοντέλο, στο Σχ. 1.15. Όπως εμφανίζεται στο αριστερό σχήμα, μέρος της ενέργειας που παράγεται από ενεργητική σύσπαση του μυός Α, μεταφέρεται και αποθηκεύεται ως ελαστική ενέργεια στους διατεταμένους συνδετικούς ιστούς εντός του μυός Β. Η ελαστική ενέργεια απελευθερώνεται, όταν ο μυς Β ενεργητικά συστέλλεται για να οδηγήσει το καρφί στη

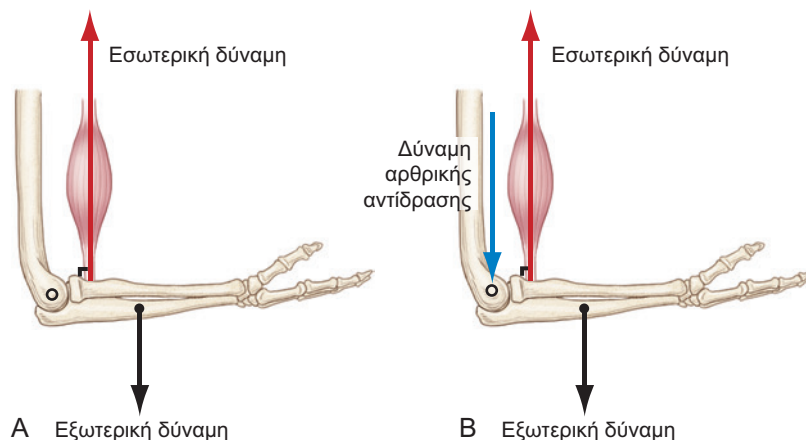
σανίδα (δεξιά παράσταση). Μέρος της συσταλτικής ενέργειας που παράγεται από το μυ Β, χρησιμοποιείται για να διατείνει τον μυ Α και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Αυτή η μεταφορά και αποθήκευση ενέργειας μεταξύ των αντίθετων μυών είναι χρήσιμη για τη συνολική μεταβολική αποδοτικότητα. Αυτό το φαινόμενο συχνά εκφράζεται με διαφορετικούς τρόπους, μέσω των πολυαρθρικών μυών (δηλαδή των μυών που διασχίζουν πολλές αρθρώσεις). Σκεφτείτε τον ορθό μηριαίο, έναν μυ που κάμπτε το ισχίο και εκτείνει το γόνατο. Κατά την προς τα πάνω φάση του άλματος, για παράδειγμα, ο ορθός μηριαίος συστέλλεται για να εκτείνει το γόνατο. Την ίδια ώρα, το εκτεινόμενο ισχίο διατείνει τον ενεργοποιημένο ορθό μηριαίο στην άρθρωση του ισχίου. Ως συνέπεια, η συνολική βράχυνση του ορθού μηριαίου ελαχιστοποιείται, γεγονός που βοηθά στη διατήρηση μιας χρήσιμης παθητικής τάσης εντός του μυός.



Σχ 1.15 Ένα απλουστευμένο μοντέλο που δείχνει ένα ζεύγος αντίθετων μυών γύρω από μια άρθρωση. Στην αριστερή παράσταση, ο μυς Α συσπάται για να παρέχει την αναγκαία δύναμη για να σηκώσει το σφυρί στην προετοιμασία για το χτύπημα του καρφίου. Στη δεξιά παράσταση, ο μυς Β συσπάται, οδηγώντας το σφυρί έναντι του καρφίου ενώ ταυτόχρονα διατείνει τον μυ Α. (Επανασχεδιασμός από Brand PW: *Clinical biomechanics of the hand*, St Louis, 1985, Mosby).

Σχ 1.16 Μια άποψη του οβελιαίου επιπέδου της άρθρωσης του αγκώνα και των σχετιζόμενων οστών. Α. Εσωτερικές (λόγω μυός) και εξωτερικές (λόγω βαρύτητας) δυνάμεις εμφανίζονται να δρουν κάθετα αλλά η καθεμία σε διαφορετική κατεύθυνση. Τα δύο διανύσματα έχουν διαφορετικά μεγέθη και διαφορετικά σημεία πρόσφυσης στο αντιβράχιο. Β. Η δύναμη αντίδρασης της άρθρωσης προστίθεται για να εμποδίσει το αντιβράχιο να επιταχυνθεί προς τα πάνω (Τα διανύσματα βρίσκονται σε σχετική μεταξύ τους κλίμακα).



Συγκεντρωτικά, ομοίως με τα δομικά υλικά, όπως το ατσάλι, το τσιμέντο και τα ανθρακονήματα, οι περιαρθρικοί συνδετικοί ιστοί του ανθρώπινου σώματος κατέχουν μοναδικές φυσικές ιδιότητες, όταν φορτίζονται ή επιμηκύνονται. Με όρους μηχανικής, αυτές οι φυσικές ιδιότητες αναφέρονται ως *ιδιότητες του υλικού*. Το θέμα των μηχανικών ιδιοτήτων των περιαρθρικών συνδετικών ιστών (όπως η φόρτιση, ο εφελκυσμός, η σκληρότητα, η πλαστική παραμόρφωση, το φορτίο τελικής θραύσης και ο ερπυσμός), διαθέτει μια καθιερωμένη βιβλιογραφική βάση*. Παρά το γεγονός ότι πολλά από τα δεδομένα στο θέμα αυτό προέρχονται από την έρευνα σε ζώα ή πτώματα παρέχουν μια επίγνωση της πολλών όψεων φροντίδας των ασθενών. Αυτή η επίγνωση περιλαμβάνει το μηχανισμό του τραυματισμού, τη βελτίωση του σχεδιασμού του ορθοπαιδικού χειρουργείου και την κριτική ως προς τη δυναμική της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων μορφών φυσικοθεραπείας, όπως η παρατεταμένη διάταση ή η εφαρμογή θερμότητας για να προκληθεί μεγαλύτερη εκτασιμότητα των ιστών†.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Προς χάριν ευκολίας, οι δυνάμεις που δρουν στο μυοσκελετικό σύστημα, μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες: εσωτερικές και εξωτερικές. Οι *εσωτερικές δυνάμεις* παράγονται από δομές που βρίσκονται εντός του σώματος. Αυτές οι δυνάμεις ενδέχεται να είναι «ενεργητικές» ή «παθητικές». Οι ενεργητικές δυνάμεις παράγονται από τον ενεργοποιημένο μυ, γενικά, αλλά όχι απαραίτητα κάτω από εκούσιο έλεγχο. Οι παθητικές δυνάμεις, αντίθετα, τυπικά δημιουργούνται από τάση σε διατεταμένους περιαρθρικούς ιστούς, συνδέσμων και αρθρικών θυλάκων. Οι ενεργητικές δυνάμεις που παράγονται από μύες είναι τυπικά οι μεγαλύτερες από όλες τις εσωτερικές δυνάμεις.

Οι εξωτερικές δυνάμεις παράγονται από δυνάμεις που δρουν έξω από το σώμα. Αυτές οι δυνάμεις συνήθως προέρχονται είτε από την έλξη της βαρύτητας πάνω στη μάζα ενός σωματικού τμήματος ή από ένα εξωτερικό φορτίο, όπως είναι εκείνο των αποσκευών, των ελεύθερων βαρών ή της φυσικής επαφής, όπως εκείνης που εφαρμόζει ο θεραπευτής σε ένα μέλος του ασθενή. Το Σχ. 1.16α δείχνει ένα ζευγάρι αντιτιθέμενων εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων: μια εσωτερική δύναμη (μυς) έλκει το αντιβράχιο και μια εξωτερική (ή βαρυτική) δύναμη έλκει το αντιβράχιο από το κέντρο βάρους του προς το κέντρο της γης. Κάθε δύναμη απεικονίζεται από ένα βέλος που αναπαριστά το διάνυσμα. Εξ ορισμού, ένα διάνυσμα είναι ένα μέγεθος που ορίζεται απόλυτα από το μέγεθος και τη διεύθυνσή του. (Μεγέθη, όπως η μάζα και η ταχύτητα, είναι αριθμητικά, όχι διανυσματικά. Ένα αριθμητικό μέγεθος προσδιορίζεται αποκλειστικά από το μέγεθός του και δεν έχει διεύθυνση).

Για να περιγραφεί ολοκληρωτικά ένα διάνυσμα σε μια εμβιομηχανική ανάλυση, το μέγεθός του, ο προσανατολισμός του στον χώρο, η φορά και το σημείο της εφαρμογής του πρέπει να είναι γνωστά. Οι δυνάμεις που απεικονίζονται στο Σχ. 1.16 υποδεικνύουν αυτούς τους τέσσερις παράγοντες.

1. Το *μέγεθος* των διανυσμάτων δύναμης προσδιορίζεται από το μήκος του βέλους.
2. Ο *προσανατολισμός στον χώρο* των διανυσμάτων δύναμης προσδιορίζεται από τη θέση των βελών. Και οι δύο δυνάμεις έχουν κάθετο προσανατολισμό, συχνά αναφερόμενο ως άξονα Υ (περαιτέρω περιγραφή στο Κεφάλαιο 4). Ο προσανατολισμός μιας δύναμης μπορεί, επίσης, να περιγραφεί από τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του άξονα του βέλους και ένα σύστημα συντεταγμένων αναφοράς.
3. Η *φορά* των διανυσμάτων της δύναμης προσδιορίζεται από την αιχμή του βέλους. Στο παράδειγμα του Σχ. 1.16α, η εσωτερική δύναμη δρα προς τα πάνω, τυπικά περιγραφόμενη ως θετική ως προς τον άξονα Υ, η εξωτερική δύναμη δρα προς τα κάτω, τυπικά περιγραφόμενη ως αρνητική ως προς τον άξονα Υ. Στο

* Αναφορές 8, 12, 13, 15, 17, 22, 25

† Αναφορές 1, 4, 9, 10, 14, 16, 23

παρόν κείμενο, η φορά και ο προσανατολισμός μιας μυϊκής δύναμης και της βαρύτητας αναφέρονται ως *γραμμική δύναμης* και *γραμμική βαρύτητας*, αντίστοιχα.

4. Το σημείο εφαρμογής των διανυσμάτων δύναμης είναι εκεί όπου η βάση του βέλους έρχεται σε επαφή με το τμήμα του σώματος. Το σημείο της εφαρμογής της μυϊκής δύναμης είναι εκεί όπου ο μυς προσφύεται στο οστό. Η *γωνία πρόσφυσης* περιγράφει τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του τένοντα ενός μυός και του μακρού άξονα του οστού στο οποίο προσφύεται. Στο Σχ. 1.16α, η γωνία πρόσφυσης είναι 90 μοίρες. Η γωνία πρόσφυσης αλλάζει καθώς ο αγκώνας περιστρέφεται προς κάμψη ή έκταση. Το σημείο εφαρμογής της εξωτερικής δύναμης εξαρτάται από το εάν η δύναμη είναι αποτέλεσμα της βαρύτητας ή αποτέλεσμα αντίστασης, που εφαρμόζεται από φυσική επαφή. Η βαρύτητα δρα στο κέντρο μάζας του σωματικού τμήματος (βλέπε Σχ. 1.16^α, μαύρη τελεία στο αντιβράχιο). Το σημείο της εφαρμογής της αντίστασης που παράγεται από φυσική επαφή μπορεί να είναι οπουδήποτε στο σώμα.

Προαπαιτούμενοι Παράγοντες για να Περιγραφεί Πλήρως ένα Διάνυσμα στις Περισσότερες Απλές Εμβιομηχανικές Αναλύσεις

- Μέγεθος
- Προσανατολισμός στο χώρο
- Φορά
- Σημείο εφαρμογής

Είτε σε μια ώθηση είτε σε ένα τράβηγμα, όλες οι δυνάμεις που δρουν στο σώμα προκαλούν μια εν δυνάμει μετατόπιση του σωματικού τμήματος. Η φορά της μετατόπισης εξαρτάται από την καθαρή επίδραση όλων των εφαρμοζόμενων δυνάμεων. Στο Σχ. 1.16α, ελπειδή η μυϊκή δύναμη είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από το βάρος του αντιβραχίου, η καθαρή επίδραση των δύο δυνάμεων θα επιτάχυνε το αντιβράχιο κάθετα προς τα πάνω. Στην πραγματικότητα, όμως, η μετατόπιση του αντιβραχίου προς τα πάνω τυπικά εμποδίζεται από τη δύναμη αρθρικής αντίδρασης, που παράγεται ανάμεσα στις αρθρικές επιφάνειες. Όπως αποτυπώνεται στο Σχ. 1.16β, το περιφερικό άκρο του βραχιονίου πιέζει προς τα κάτω, με μια δύναμη αντίδρασης (εμφανίζεται με μπλε) έναντι του εγγύς άκρου του αντιβραχίου. Το μέγεθος των δυνάμεων της αρθρικής αντίδρασης είναι ίσο με τη διαφορά μεταξύ της μυϊκής δύναμης και της εξωτερικής δύναμης. Ως αποτέλεσμα, το σύνολο όλων των κάθετων προς το αντιβράχιο δυνάμεων εξισορροπείται και η καθαρή επιτάχυνση προς την κάθετη κατεύθυνση ισούται με μηδέν. Συνεπώς, το σύστημα είναι σε *στατική γραμμική εξισορρόπηση*.

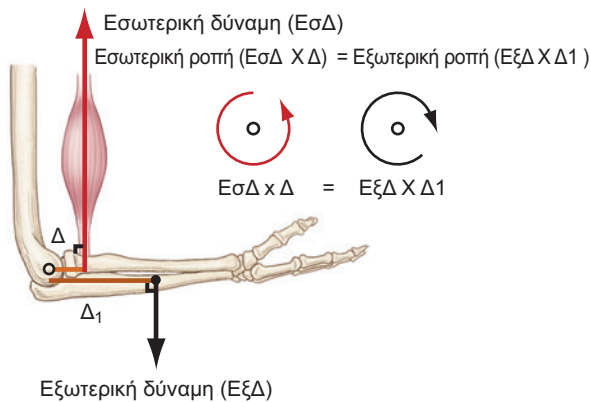
Μυοσκελετικές Ροπές

Οι δυνάμεις που εφαρμόζονται στο σώμα μπορεί να έχουν δύο αποτελέσματα. Πρώτον, όπως εικονίζεται στο Σχ. 1.16α, οι δυνάμεις έχουν τη δυνατότητα να μετακινήσουν το σωματικό τμήμα. Δεύτερον, οι δυνάμεις, εάν εφαρμόζονται σε μια απόσταση κάθετα στον άξονα περιστροφής, μπορούν να παράγουν περιστροφή στην άρθρωση. Η κάθετη απόσταση μεταξύ του άξονα περιστροφής μιας άρθρωσης και της δύναμης ονομάζεται *μοχλοβραχίονας*. Το γινόμενο της δύναμης επί το μοχλοβραχίονά της παράγει τη *ροπή* ή *ροπή στρέψης*. Μια ροπή μπορεί να θεωρείται το περιστροφικό ανάλογο της δύναμης. Μια δύναμη που δρα, δίχως ροπή, μπορεί να ωθήσει ή να έλξει ένα αντικείμενο, γενικά, με έναν γραμμικό τρόπο ενώ μια ροπή περιστρέφει ένα αντικείμενο γύρω από έναν άξονα περιστροφής. Αυτή η διάκριση είναι μια θεμελιώδης έννοια στη μελέτη της κινησιολογίας.

Μια ροπή περιγράφεται ως συμβαίνουσα σε έναν άξονα, γύρω από μια άρθρωση, σε επίπεδο κάθετο σε έναν άξονα περιστροφής. Το Σχ. 1.17 δείχνει τις ροπές που παράγονται εντός ενός οβελιαίου επιπέδου από τις εσωτερικές και τις εξωτερικές δυνάμεις που έχουν παρουσιαστεί στο Σχ. 1.16. Η *εσωτερική ροπή* προσδιορίζεται ως το γινόμενο της εσωτερικής δύναμης (μυϊκής) επί τον εσωτερικό μοχλοβραχίονα. Ο *εσωτερικός μοχλοβραχίονας* (βλέπε Δ στο Σχ. 1.17) ορίζεται ως η κάθετη απόσταση μεταξύ του άξονα περιστροφής και της εσωτερικής δύναμης. Όπως αποτυπώνεται στο Σχ. 1.17, η εσωτερική ροπή έχει τη δυναμική να περιστρέψει το αντιβράχιο στην άρθρωση του αγκώνα, σε μια καμπτική κατεύθυνση. (Άλλες συμβατικές παραδοχές για την περιγραφή της περιστροφής εξετάζονται στο Κεφάλαιο 4).

Η *εξωτερική ροπή* προσδιορίζεται ως το παράγωγο της εξωτερικής δύναμης (όπως η βαρύτητα) και του εξωτερικού μοχλοβραχίονα. Ο *εξωτερικός μοχλοβραχίονας* (βλέπε Δ₁ στο Σχ. 1.17) ορίζεται ως η κάθετη απόσταση μεταξύ του άξονα περιστροφής και της εξωτερικής δύναμης. Η εσωτερική ροπή έχει τη δυναμική να περιστρέψει το αντιβράχιο στην άρθρωση του αγκώνα, σε μια εκτατική κατεύθυνση. Λόγω του ότι το μέγεθος των αντίθετων εσωτερικών και εξωτερικών ροπών υποτίθεται ότι είναι ίσο στο Σχ. 1.17, ουδεμία περιστροφή συμβαίνει στην άρθρωση. Αυτή η συνθήκη αναφέρεται ως *στατική ισορροπία*.

Το ανθρώπινο σώμα τυπικά παράγει και δέχεται συνεχώς ροπές με τη μια ή την άλλη μορφή. Οι μύες παράγουν εσωτερικές ροπές συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας, για να ξεβιδώσουν ένα καπάκι βάζου, να περιστρέψουν ένα κλειδί ή να αιωρήσουν ένα ρόπαλο μπέιζμπολ. Οι δυνάμεις επαφής που λαμβάνονται από το περιβάλλον με την προσθήκη εκείνης της βαρύτητας, συνεχώς μετατρέπονται σε εξωτερικές ροπές στις αρθρώσεις. Οι εσωτερικές και οι εξωτερικές ροπές συνεχώς ανταγωνίζονται η μια την άλλη στις διάφορες αρθρώσεις. Η πιο κυρίαρχη ροπή απεικονίζεται από την κατεύθυνση της κίνησης ή της θέσης των αρθρώσεων, σε μια δεδομένη στιγμή, σε όλο το σώμα.



ΣΧ. 1.17 Ισοροπία μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών ροπών που δρουν στο οβελιαίο επίπεδο στον άξονα περιστροφής του αγκώνα (μικρός κύκλος). Η εσωτερική ροπή είναι το παράγωγο της εσωτερικής δύναμης πολλαπλασιαζόμενης με τον εσωτερικό μοχλοβραχίονα (Δ). Η εσωτερική ροπή έχει τη δυναμική να περιστρέφει το αντιβράχιο αντίθετα προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Η εξωτερική ροπή είναι το παράγωγο της εξωτερικής δύναμης πολλαπλασιαζόμενης με τον εξωτερικό μοχλοβραχίονα (Δ_1). Η εξωτερική ροπή έχει τη δυναμική να περιστρέφει το αντιβράχιο σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Οι εσωτερικές και οι εξωτερικές ροπές είναι ίσες, παρουσιάζοντας μια κατάσταση στατικής ισοροπίας. (Τα διανύσματα σχεδιάστηκαν σε σχετική κλίμακα).

Οι ροπές συμπεριλαμβάνονται στις περισσότερες θεραπευτικές καταστάσεις με τους ασθενείς, ειδικά όταν εμπλέκεται η φυσική άσκηση ή η αξιολόγηση της δύναμης. Η δύναμη ενός ατόμου είναι το γινόμενο της μυϊκής δύναμης και, εξίσου σημαντικά, του εσωτερικού μοχλοβραχίονα: της κάθετης απόστασης μεταξύ της γραμμής της δύναμης και του άξονα περιστροφής. Ως *μόχλευση* περιγράφεται ο σχετικός μοχλοβραχίονας που διαθέτει η συγκεκριμένη δύναμη. Όπως εξηγείται περαιτέρω στο Κεφάλαιο 4, το μήκος του μοχλοβραχίονα δύναμης, και ως εκ τούτου η μόχλευση, αλλάζει συνεχώς κατά τη διάρκεια της κίνησης. Αυτό μερικώς εξηγεί γιατί ένα άτομο είναι φυσιολογικά ισχυρότερο σε συγκεκριμένα τμήματα του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης.

Οι κλινικοί θεραπευτές συχνά εφαρμόζουν αντίσταση με τα χέρια στους ασθενείς τους, ως μέσο αξιολόγησης, διευκόλυνσης και πρόκλησης μιας συγκεκριμένης μυϊκής δραστηριότητας. Η δύναμη που εφαρμόζεται στο μέλος ενός ασθενή συχνά πραγματοποιείται με σκοπό να παράγει μια εξωτερική ροπή στο μυοσκελετικό του σύστημα. Ένας κλινικός θεραπευτής μπορεί να ασκήσει μια ομάδα μυών με την εφαρμογή μιας εξωτερικής ροπής, μέσω της δράσης μιας μικρής δύναμης σε μεγάλη απόσταση από την άρθρωση ή μέσω της δράσης μιας μεγάλης δύναμης σε μικρή απόσταση από την άρθρωση. Επειδή η ροπή είναι το παράγωγο της δύναμης της αντίστασης και του μοχλοβραχίονά της και οι δύο τρόποι μπορούν να παράγουν την ίδια εξωτερική ροπή ενάντια στη δύναμη του ασθενούς. Η τροποποίηση των μεταβλητών της δύναμης και του εξωτερικού μοχλοβραχίονα, επιτρέπει τη χρήση διαφορετικών στρατηγικών βασισμένων στη δύναμη και την επιδεξιότητα του κλινικού θεραπευτή.



ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΜΑ 1.3

Οι Μυογενείς Ροπές σε μια Άρθρωση: Μια Θεμελιώδης Έννοια στην Κινησιολογία

Το πώς οι μύες παράγουν ροπές στις αρθρώσεις, είναι μια από τις πιο σημαντικές (και συχνά δύσκολες) έννοιες προς κατανόηση στην κινησιολογία. Η κατανόηση αυτής της έννοιας μπορεί να διευκολυνθεί, αν συλλογιστούμε την απλή αντιστοιχία της μυϊκής δυναμικής για παραγωγή ροπής, μέσω της δράσης μια δύναμης κατά το άνοιγμα μιας πόρτας. Οι βασικοί μηχανισμοί στα δύο σενάρια μοιάζουν εκπληκτικά. Αυτή η αναλογία περιγράφεται με τη βοήθεια του Σχ. 1.18α-β.

Το Σχ. 1.18α δείχνει τις απάνω και πλάγιες όψεις μιας πόρτας σε κάθετους μεντεσέδες (απεικονίζονται με μπλε). Οι οριζόντια εφαρμοζόμενες δυνάμεις (Γ έως ΣΤ) αναπαριστούν διαφορετικές προσπάθειες να ανοίξουμε την πόρτα τραβώντας την. Μολονότι όλες οι δυνάμεις είναι υποτιθέμενα ίσες, μόνο οι δυνάμεις Γ και Ε (η οποία εφαρμόζεται στο πόμολο) είναι πραγματικά ικανές να περιστρέψουν την πόρτα. Αυτό ισχύει επειδή μόνο αυτές οι δυνάμεις διαθέτουν τα βασικά προαπαιτούμενα για να παράγουν ροπή: (1) κάθε δύναμη που εφαρμόζεται σε επίπεδο κάθετο σε έναν δεδομένο άξονα περιστροφής (γωνιώδη σε αυτήν την περίπτωση) και (2) κάθε δύναμη σχετίζεται με έναν μοχλοβραχίονα (η σκούρα μπλε γραμμή που ξεκινά στο μεντεσέ). Στο παράδειγμα αυτό, η ροπή είναι το γινόμενο της δύναμης έλξης επί το μοχλοβραχίονά της. Η δύναμη Ε θα παράγει μεγαλύτερη ροπή από τη δύναμη Γ, διότι έχει τον μεγαλύτερο μοχλοβραχίονα (ή μεγαλύτερη μόχλευση). Ωστόσο, και οι δυνάμεις Γ και Ε έχουν το προαπαιτούμενο για παραγωγή ροπής στο οριζόντιο επίπεδο.

Οι δυνάμεις Δ και ΣΤ, όμως, δεν μπορούν να παράγουν ροπή στο οριζόντιο επίπεδο και, συνεπώς, δεν είναι ικανές να περιστρέψουν την πόρτα, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους. Μολονότι αυτό μπορεί να φαίνεται προφανές, βάσει της εμπειρίας του καθενός στο κλείσιμο ή άνοιγμα πόρτας, η πραγματική μηχανική αιτιολόγηση μπορεί να μην είναι τόσο ξεκάθαρη. Οι δυνάμεις Δ και ΣΤ κατευθύνονται μέσα από τον άξονα περιστροφής (στο μεντεσέ εν προκειμένω) και, συνεπώς, έχουν μηδενικό μοχλοβραχίονα. Όποια δύναμη πολλαπλασιαστεί με μηδενικό μοχλοβραχίονα παράγει μηδενική ροπή ή μηδενική περιστροφή. Παρότι αυτές οι δυνάμεις μπορούν να συμπίεσουν ή να αποσπάσουν την πόρτα, δε μπορούν να την περιστρέψουν.

Οι δυνάμεις Ζ και Η, που εμφανίζονται στο Σχ. 1.18α, επίσης, δε μπορούν να περιστρέψουν την πόρτα. Οποιαδήποτε δύναμη ασκείται παράλληλα με έναν άξονα περιστροφής δε μπορεί να παράγει τη σχετική ροπή. Μια ροπή μπορεί να παραχθεί μόνο από μια δύναμη η οποία εφαρμόζεται κάθετα σε έναν δεδο-



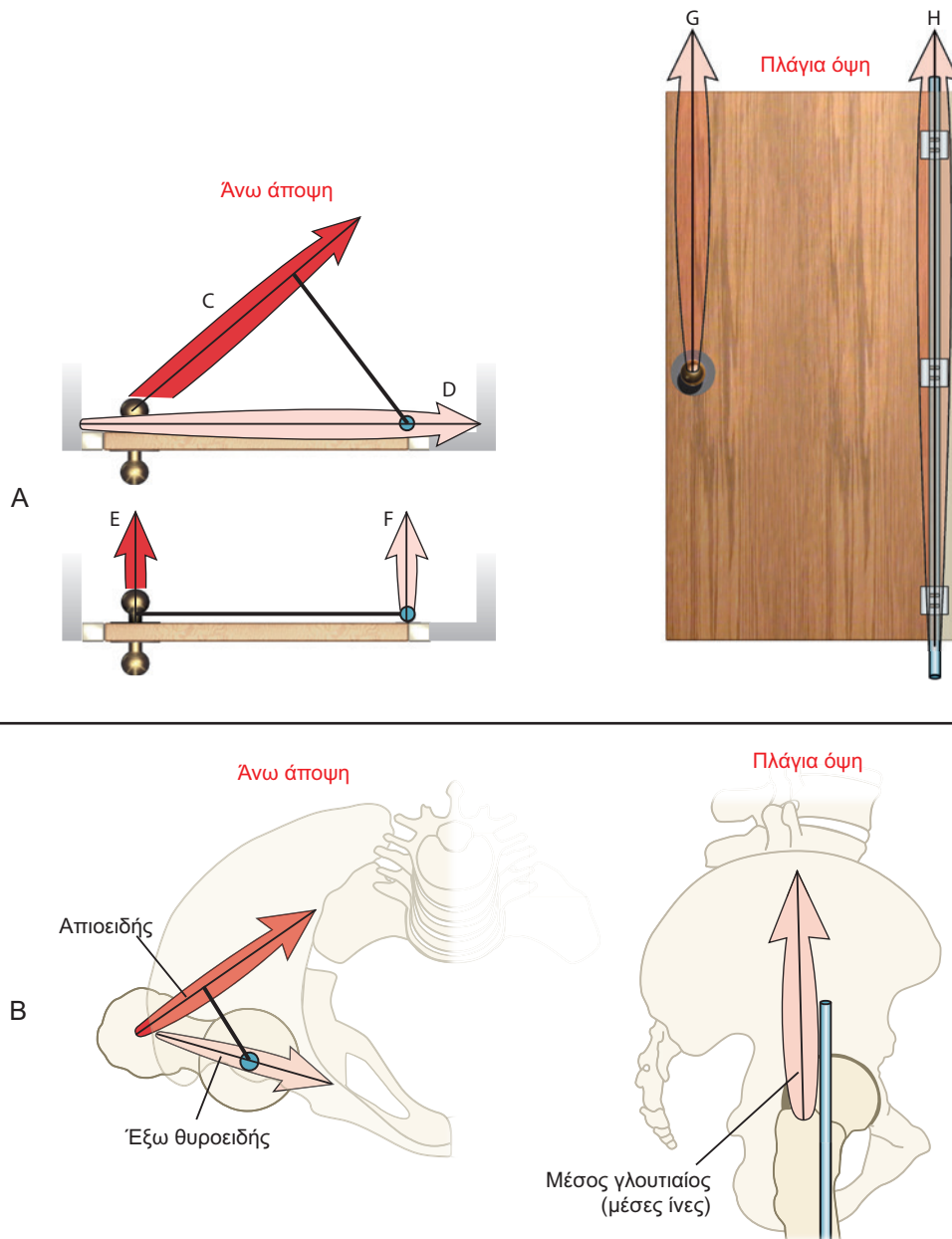
ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΜΑ 1.3

Οι Μυογενείς Ροπές σε μια Άρθρωση: Μια Θεμελιώδης Έννοια στην Κινησιολογία

μένο άξονα περιστροφής. Οι δυνάμεις Z και H, συνεπώς, δεν διαθέτουν κάποια ικανότητα να παράγουν ροπή στο οριζόντιο επίπεδο.

Για την ολοκλήρωση της αντιστοιχίας, το Σχ. 1.18β δείχνει δύο όψεις της άρθρωσης του ισχίου με τους τρεις

επιλεγμένους μύες. Στο παράδειγμα αυτό, οι μύες απεικονίζονται ως δυνάμεις στην απόπειρα περιστροφής του μηρού στο οριζόντιο επίπεδο. (Οι μυϊκές δυνάμεις στην απεικόνιση αυτή είναι ανάλογες με τις δυνάμεις που εφαρμόζονται στην πόρτα). Ο άξονας περιστροφής



Σχ 1.18 Μηχανική αναλογία που απεικονίζει τη θεμελιώδη μηχανική του πως μια δύναμη μπορεί να μετατραπεί σε ροπή. Έξι εφαρμοζόμενες δυνάμεις υποδεικνύονται (έγχρωμα βέλη), ενώ επιχειρούν να περιστρέψουν την πόρτα στο οριζόντιο επίπεδο. Ο κάθετος μεντεσές της πόρτας εμφανίζεται με μπλε. Οι μοχλοβραχίονες διαθέσιμοι για τις δύο από τις εφαρμοζόμενες δυνάμεις (στα αριστερά) υποδεικνύονται με σκούρες μαύρες γραμμές, που ξεκινούν στο μεντεσέ. Β. Τρεις παραγόμενες από τους μύς δυνάμεις απεικονίζονται (έγχρωμα τόξα), ενώ επιχειρούν να περιστρέψουν το μηρό στο οριζόντιο επίπεδο. Οι άξονες περιστροφής εμφανίζονται με μπλε και ο μοχλοβραχίονας με σκούρα μαύρη γραμμή. Όπως περιγράφεται στο κείμενο, για παρόμοιους λόγους, μόνο ο επιλεγμένος αριθμός των δυνάμεων είναι πραγματικά ικανός να παράγει ροπή και να περιστρέψει ή την πόρτα ή το ισχίο. Προς χάριν αυτής της αναλογικότητας, το μέγεθος όλων των δυνάμεων υποτίθεται ότι είναι το ίδιο.



ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΜΑ 1.3

Οι Μυογενείς Ροπές σε μια Άρθρωση:
Μια Θεμελιώδης Έννοια στην Κινησιολογία

του ισχίου, όπως ο μεντεσές στην πόρτα, είναι σε μια κάθετη κατεύθυνση (εμφανίζεται με μπλε). Όπως θα εξηγηθεί, μολονότι όλοι οι μύες υποτίθεται ότι παράγουν την ίδια δύναμη, μόνο ένας είναι ικανός να περιστρέψει το μηρό (δηλαδή να παράγει ροπή).

Τα διανύσματα της δύναμης που απεικονίζονται στην αριστερή πλευρά του Σχ. 1.18β αναπαριστούν τις γραμμές των δύο κυρίως οριζόντια ευθυγραμμισμένων μυών στο ισχίο (τον απιοειδή και τον έξω θυροειδή). Ο απιοειδής, είναι ικανός να παράγει εξωτερική ροπή στο οριζόντιο επίπεδο, για τους ίδιους λόγους που δόθηκαν για την ανάλογη δύναμη Γ που παράγεται στην πόρτα (Σχ. 1.18α). Και οι δύο δυνάμεις εφαρμόζονται σε ένα επίπεδο κάθετο στον άξονα περιστροφής και καθεμιά διαθέτει έναν σχετικό μοχλοβραχίονα (απεικονίζεται με μαύρη γραμμή). Σε οξεία αντίθεση, όμως, ο έξω θυροειδής μυς δε μπορεί να παράγει ροπή στο οριζόντιο επίπεδο. Η μυϊκή δύναμη (όπως με τη δύναμη Δ που δρα στην πόρτα), περνά ακριβώς μέσα από τον άξονα περιστροφής. Μολονότι η δύναμη θα συμπιέσει τις αρθρικές επιφάνειες, δεν θα περιστρέψει την άρθρωση, τουλάχιστον στο οριζόντιο επίπεδο. Όπως θα περιγραφεί στο Κεφάλαιο 12, το οποίο μελετά το ισχίο, αλλάζοντας τη στροφική θέση της άρθρωσης, συχνά δημιουργείται μια απόσταση στον μοχλοβραχίονα ενός μυός. Στην περίπτωση του έξω θυροειδή, μπορεί να δημιουργηθεί εξωτερική ροπή στο ισχίο, μολονότι σχετικά μικρή.

Η τελική συνιστώσα σε αυτήν την αντιστοιχία επεξηγείται στα δεξιά του Σχ. 1.18β. Οι ενδιάμεσες ίνες του μέσου γλουτιαίου φαίνεται ότι επιχειρούν να περιστρέψουν τον μηρό στο οριζόντιο επίπεδο, γύρω από έναν κάθετο άξονα περιστροφής (αποτυπώνεται ως μπλε κουκίδα). Επειδή η μυϊκή δύναμη δρα στην ουσία παράλληλα με τον κάθετο άξονα (όπως δρουν οι δυνάμεις Η και Θ στην πόρτα), είναι αδύνατο να παράγουν ροπή στο οριζόντιο επίπεδο). Ο ίδιος μυς, όμως, είναι ικανός να παράγει ροπή σε άλλα επίπεδα, ειδικά στο μετωπιαίο.

Συγκεντρικά, ένας μυς είναι ικανός να παράγει ροπή (ή περιστροφή) σε μια άρθρωση, μόνο εφόσον (1) παράγει δύναμη σε ένα επίπεδο κάθετο στον άξονα περιστροφής που μας ενδιαφέρει και (2) δρα με μια απόσταση του σχετικού μοχλοβραχίονα μεγαλύτερη από μηδέν. Βλέποντάς το από μια διαφορετική προοπτική, ένας ενεργός μυς είναι ανίκανος να παράγει ροπή, εάν η δύναμη είτε διαπερνά είτε είναι παράλληλη προς τον σχετικό άξονα στροφής. Αυτό ισχύει σε όλους τους άξονες στροφής, που μπορεί να υπάρχουν σε μια άρθρωση: κάθετο, οβελιαίο, ή μετωπιαίο. Αυτές οι αρχές θα επανεξεταστούν πολλές φορές σε αυτό το βιβλίο.

Μυς και αρθρική αλληλεπίδραση

Ο όρος *μυς και αρθρική αλληλεπίδραση* αναφέρεται στη συνολική επίδραση που έχει μια μυϊκή δύναμη σε μια άρθρωση. Μια δύναμη που παράγεται από έναν μυ, ο οποίος έχει έναν μοχλοβραχίονα, προκαλεί ροπή και μια δυναμική περιστροφής της άρθρωσης. Μια δύναμη που παράγεται από έναν μυ, ο οποίος στερείται μοχλοβραχίονα, δεν θα προκαλέσει ροπή ή περιστροφή. Όμως, η μυϊκή δύναμη εξακολουθεί να είναι σημαντική, επειδή παρέχει μια πηγή σταθερότητας και αισθητικής πληροφορίας στην άρθρωση.

ΤΥΠΟΙ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ένας μυς θεωρείται ενεργοποιημένος, όταν διεγείρεται από το νευρικό σύστημα.

Όταν ενεργοποιηθεί, ένας υγιής μυς παράγει μια δύναμη με έναν από τους τρεις τρόπους: ισομετρικά, σύγκεντρα και έκκεντρα. Η φυσιολογία των τριών τύπων μυϊκής ενεργοποίησης περιγράφεται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στο Κεφάλαιο 3 και συνοψίζεται ακολούθως.

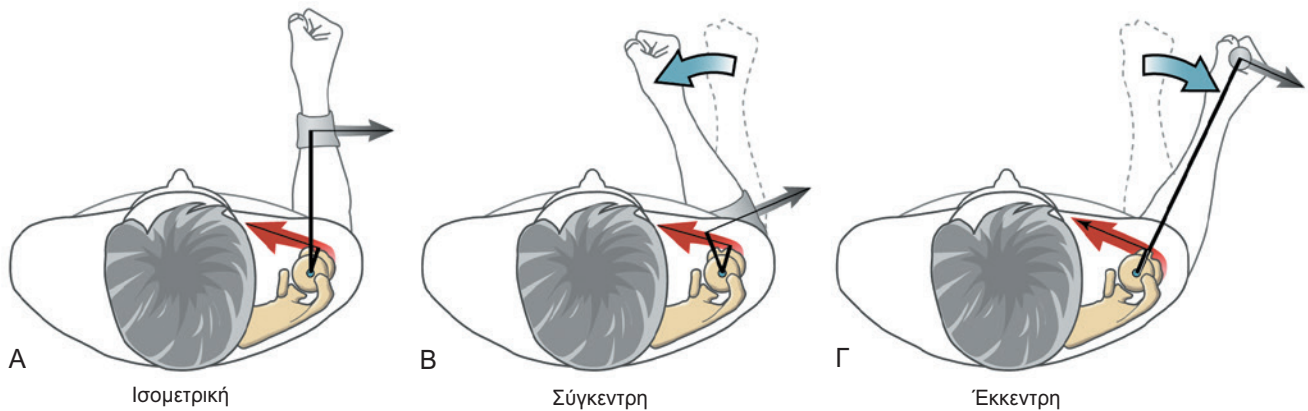
Ισομετρική ενεργοποίηση συμβαίνει όταν ένας μυς παράγει μια ελκτική δύναμη, ενώ διατηρεί ένα σταθερό μήκος. Αυτός ο τύπος ενεργοποίησης είναι προφανής από τη ρίζα της λέξης ισομετρική (από τις ελληνικές λέξεις *ίσος* και *μέτρον*). Κατά την ισομετρική ενεργοποίηση, η εσωτερική ροπή που παράγεται εντός δεδομένου επιπέδου στην άρθρωση, είναι ίση με την εξωτερική ροπή. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει μυϊκή βράχυνση ή περιστροφή στη άρθρωση (Σχ. 1.19α).

Σύγκεντρη ενεργοποίηση συμβαίνει όταν ένα μυς παράγει μια ελκτική δύναμη καθώς συσπάται (βραχύνεται) (βλέπε Σχ. 1.19β). Κυριολεκτικά, σύγκεντρη σημαίνει «ερχόμενη προς το κέντρο». Κατά τη σύγκεντρη ενεργοποίηση, η εσωτερική ροπή σε μια άρθρωση υπερβαίνει την αντίθετη εξωτερική ροπή. Αυτό ισχύει αφού ο συσπώμενος μυς δημιουργεί μια περιστροφή στην άρθρωση προς τη φορά της έλξης του.

Έκκεντρη ενεργοποίηση, αντίθετα, συμβαίνει όταν ένας μυς παράγει μια ελκτική δύναμη καθώς επιμηκύνεται από μια άλλη, πιο κυρίαρχη δύναμη. Ο όρος έκκεντρη κυριολεκτικά σημαίνει «μακριά από το κέντρο». Κατά την έκκεντρη ενεργοποίηση, η εξωτερική ροπή γύρω από την άρθρωση υπερβαίνει την εσωτερική ροπή. Σε αυτήν την περίπτωση, η άρθρωση περιστρέφεται σε μια φορά που καθορίζεται από μια σχετικά μεγαλύτερη ροπή, όπως αυτή που παράγεται από την εξωτερική δύναμη στο Σχ. 1.19γ. Πολλές κοινές δραστηριότητες χρησιμοποιούν έκκεντρες ενεργοποιήσεις στο μυ. Το αργό χαμήλωμα ενός ποτηριού στο τραπέζι, για παράδειγμα, προκαλείται από την έλξη της βαρύτητας του αντιβραχίου και του ποτηριού. Ο ενεργοποιημένος δικέφαλος επιμηκύνεται αργά, προκειμένου να ελέγξει την κάθοδο. Ο τρικέφαλος μυς, μολονότι θεωρείται επέκταση του αγκώνα, είναι πιθανότατα ανενεργός κατά τη συγκεκριμένη διαδικασία.

Ο όρος *συστολή* συχνά χρησιμοποιείται ως συνώνυμο

Τρεις τύποι μυϊκής συστολής



Σχ 1.19 Τρεις τύποι μυϊκής ενεργοποίησης παρουσιάζονται καθώς ο μείζων θωρακικός παράγει μέγιστη δύναμη για να στρέψει εσωτερικά τον ώμο (γληνοβραχιόνια άρθρωση). Σε καθεμία από τις απεικονίσεις η εσωτερική ροπή θεωρείται ότι είναι ίση: το γινόμενο της μυϊκής δύναμης (κόκκινο) επί τον εσωτερικό μοχλοβραχίονα. Η εξωτερική ροπή είναι το γινόμενο της εξωτερικής δύναμης που εφαρμόζεται σε όλο το χέρι (γκρίζο) και του εξωτερικού του μοχλοβραχίονα. Σημειώστε ότι ο εξωτερικός μοχλοβραχίονας και συνεπώς η εσωτερική ροπή είναι διαφορετική σε κάθε απεικόνιση. Α. Η ισομετρική ενεργοποίηση εμφανίζεται καθώς η εσωτερική ροπή εξισορροπεί την εξωτερική ροπή. Β. Η Σύγκεντρη ενεργοποίηση εμφανίζεται καθώς η εσωτερική ροπή υπερβαίνει την εξωτερική ροπή. Γ. Η Έκκεντρη ενεργοποίηση εμφανίζεται καθώς η εξωτερική ροπή υπερβαίνει την εσωτερική ροπή. Ο άξονας στροφής είναι κάθετος και αποτυπώνεται σε μπλε εντός της βραχιόνιας κεφαλής. Όλοι οι μοχλοβραχίονες εμφανίζονται ως παχιές μαύρες γραμμές, που ξεκινούν στον άξονα του πρηγισμού διαπερνώντας την ωμοβραχιόνια άρθρωση. (Τα διανύσματα δεν εμφανίζονται σε κλίμακα).

της ενεργοποίησης, ανεξάρτητα από το εάν ο μυς στην πράξη βραχύνεται, επιμηκύνεται ή παραμένει σε σταθερό μήκος. Ο όρος συστολή στην κυριολεξία σημαίνει βράχυνση. Όμως ενδέχεται να προκαλεί σύγχυση καθώς περιγράφει είτε μια ισομετρική είτε μια έκκεντρη ενεργοποίηση. Τεχνικά, συστολή ενός μυός συμβαίνει μόνο στη σύγκεντρη ενεργοποίηση.

ΜΥΪΚΗ ΔΡΑΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΑΡΘΡΩΣΗ

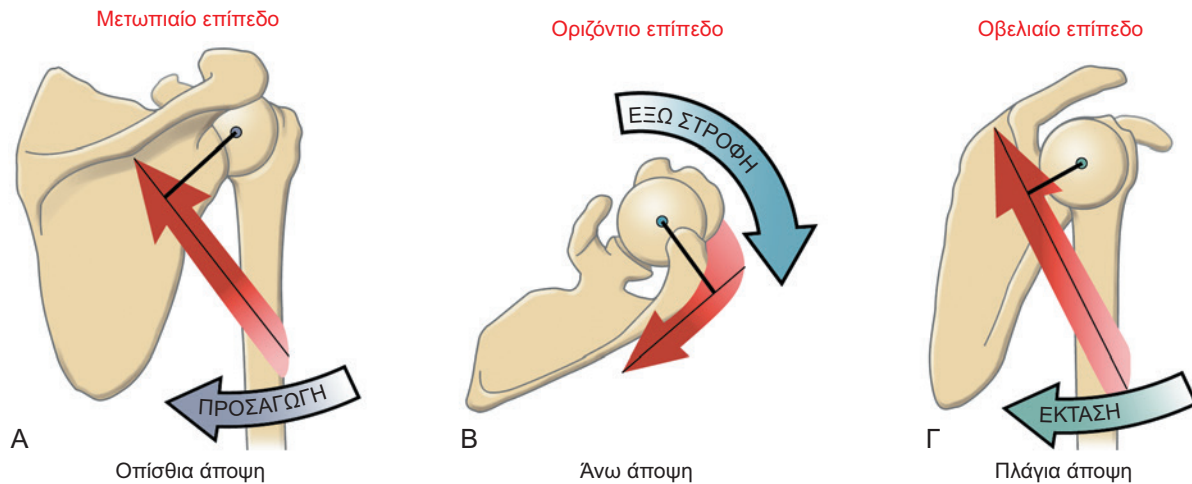
Μια μυϊκή ενέργεια σε μια άρθρωση προσδιορίζεται ως η δυναμική ενός μυός να προκαλέσει ροπή σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και επιπέδου στροφής. Η πραγματική ονομασία μιας μυϊκής ενέργειας βασίζεται σε μια καθιερωμένη ονοματολογία, όπως κάμψη ή έκταση στο οβελιαίο επίπεδο απαγωγή ή προσαγωγή στο μετωπιαίο επίπεδο κ.ο.κ. Οι όροι μυϊκή ενέργεια και αρθρική δράση χρησιμοποιούνται εναλλασσόμενα σε όλο το κείμενο και εξαρτώνται από το περιεχόμενο της συζήτησης. Αν η ενέργεια σχετίζεται με μια μη ισομετρική μυϊκή ενεργοποίηση, οι συνεπαγόμενες οστεοκινηματικές μπορεί να περιλαμβάνουν κινηματική του περιφερικού προς το εγγύς τμήμα ή αντίθετα. Αυτό εξαρτάται από το ποιο από τα τμήματα που απαρτίζουν την κίνηση, είναι λιγότερο περιορισμένο.

Η μελέτη της κινησιολογίας επιτρέπει σε κάποιον να προσδιορίσει την ενέργεια του μυός, δίχως να βασίζεται καθαρά στη μνήμη. Ας υποθέσουμε ότι ο φοιτητής επιθυμεί να προσδιορίσει τις ενέργειες του οπίσθιου δελτοειδή στη γληνοβραχιόνια άρθρωση. Στη συγκεκριμένη ανάλυση, γίνονται δύο παραδοχές. Πρώτον, ότι το βραχιόνιο είναι το πιο ελεύθερο τμήμα της άρθρωσης και ότι η ωμο-

πλάτη είναι σταθεροποιημένη, μολονότι θα μπορούσε να γίνει η αντίθετη παραδοχή. Δεύτερον, το σώμα είναι στην ανατομική θέση την ώρα της μυϊκής ενεργοποίησης.

Το πρώτο βήμα στην ανάλυση είναι να καθοριστούν τα επίπεδα της στροφικής κίνησης (βαθμοί ελευθερίας) που επιτρέπει η άρθρωση. Στην περίπτωση αυτή η γληνοβραχιόνια άρθρωση επιτρέπει στροφή σε τρία επίπεδα (βλέπε Σχ. 1.5). Είναι, ως εκ τούτου, θεωρητικά δυνατό όποιος μυς διατρέχει την άρθρωση του ώμου να μπορεί να προκαλέσει κίνηση σε μέχρι τρία επίπεδα. Το Σχ. 1.20α δείχνει τη δυναμική του οπίσθιου δελτοειδή να στρέψει το βραχιόνιο στο μετωπιαίο επίπεδο. Ο άξονας στροφής περνά σε μια οβελιαία κατεύθυνση, μέσα από τη βραχιόνια κεφαλή. Στην ανατομική θέση, η γραμμή της δύναμης του οπίσθιου δελτοειδή περνά κάτω από τον άξονα στροφής. Θεωρώντας ότι η ωμοπλάτη είναι σταθερή, ο υπό σύσπαση οπίσθιος δελτοειδής θα περιστρέφει τον βραχίονα προς προσαγωγή με δύναμη ίση με το γινόμενο τη μυϊκής δύναμης επί τον εσωτερικό μοχλοβραχίονά της (σκούρα γραμμή από τον άξονα). Η ίδια λογική εφαρμόζεται στη συνέχεια για να προσδιορίσει τη μυϊκή ενέργεια στο οριζόντιο και στο οβελιαίο επίπεδο. Όπως αποτυπώνεται στο Σχ. 1.20β-γ, είναι φανερό ότι ο μυς είναι, επίσης, ένας έξω στροφέας της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης. Όπως θα περιγραφεί στη διάρκεια του κειμένου, είναι συχνό για έναν μυ που διασχίζει μια άρθρωση με τουλάχιστον δυο βαθμούς ελευθερίας να εκφράζει πολλαπλές ενέργειες. Μια συγκεκριμένη ενέργεια μπορεί να μην είναι δυνατή, αν ο μυς είτε στερείται μοχλοβραχίονα είτε δεν παράγει δύναμη στο σχετικό επίπεδο.

Ο προσδιορισμός της δυνατής ενέργειας (ή ενεργειών) ενός μυός είναι ένα κεντρικό θέμα στη μελέτη της κινησιολογίας. Αυτή η δεξιότητα είναι η βάση ενός κλινικού



ΣΧ 1.20 Εμφανίζονται οι πολλαπλές δράσεις του οπίσθιου δελτοειδή στη γληνοβραχιόνια άρθρωση. Α. Προσαγωγή στο μετωπιαίο επίπεδο. Β. Έξω στροφή στο οριζόντιο επίπεδο. Γ. Έκταση στο οβελιαίο επίπεδο. Ο εσωτερικός μοχλοβραχίονας εμφανίζεται να εκτείνεται από τον άξονα στροφής (μικρός κύκλος διαμέσου της βραχιόνιας κεφαλής) σε μια κάθετη πρόσφυση προς τη γραμμή της μυϊκής δύναμης.



ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΜΑ 1.4

Ένα Απλό αλλά Χρήσιμο Αξίωμα της Κινησιολογίας

Τυπικά, ένας μυς που συστέλλεται με επαρκή μόχλευση θα προκαλέσει μια περιστροφή των οστών σε μια άρθρωση. Η αναμενόμενη κατεύθυνση της στροφής ή «μυϊκή ενέργεια» ορίζεται παραδοσιακά από την προσδοκώμενη κίνηση του περιφερικού τμήματος της άρθρωσης σε σχέση με το εγγύς τμήμα. Αναλογιστείτε, για παράδειγμα, τον συστελλόμενο δικέφαλο βραχιόνιο καθώς κάμπτεται τον αγκώνα για να φέρει το χέρι στο στόμα. Αυτός ο καθιερωμένος ορισμός της μυϊκής ενέργειας, προϋποθέτει ότι το περιφερικό τμήμα είναι λιγότερο περιορισμένο απ' ό,τι το εγγύς τμήμα.

Πιθανώς, ένας πιο περιεκτικός τρόπος για να μελετηθεί η επίδραση μιας μυϊκής συστολής είναι η χρήση του αξιώματος, ότι ένας συστελλόμενος μυς κινεί το τμήμα της άρθρωσης που είναι πιο ελεύθερο. Οι παράγοντες που καθορίζουν το πιο ελεύθερο τμήμα περιλαμβάνουν έναν συνδυασμό αδράνειας, εξωτερικής αντίστασης, παθητικής τάσης ή ενεργοποίησης άλλων μυών. Η χρησιμοποίηση αυτού του αξιώματος μπορεί να είναι πολύ διαφωτιστική, όταν αξιολογείται η ανθρώπινη κίνηση, ειδικά, όταν αυτή εμφανίζεται ως μη φυσιολογική. Ας υποθέσουμε, για παράδειγμα, ότι παρατηρείτε ένα άτομο να εκτελεί ενεργητική απαγωγή ώμου και επισημαίνεται μια συνοδός και εμφανώς μη φυσιολογική και παρεκκλίνουσα κίνηση στην ωμοπλάτη. Η μη φυσιολογική αυτή κίνηση ενδέχεται να προκαλείται από σύσπαση του μέσου

δελτοειδή (ο οποίος προσφύεται στην ωμοπλάτη), δίχως επαρκή σταθεροποίηση από έναν μυ του άξονα της ωμοπλάτης. Σε αδυναμία ενός μυός, όπως ο πρόσθιος οδοντωτός, για παράδειγμα, η σύσπαση του δελτοειδή δημιουργεί συνθήκες για να είναι η ωμοπλάτη το πιο κινητό τμήμα της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης και όχι το βραχιόνιο. Αν χρησιμοποιήσουμε τη γνωστή παραδοχή ότι μια συστολή του μέσου δελτοειδή εκτελεί μόνο απαγωγή του χεριού (δηλαδή κινεί το περιφερικό τμήμα μιας άρθρωσης), η διάγνωση της αδυναμίας μυών του αξονικού σκελετού ωμοπλάτης ενδέχεται να έχει παραβλεφθεί. Μολονότι η κίνηση του περιφερικού προς το εγγύς τμήμα είναι το τυπικά επιθυμητό αποτέλεσμα της ενεργοποίησης του δελτοειδή, αυτό το σενάριο συμβαίνει μόνο όταν η κίνηση της ωμοπλάτης περιορίζεται από άλλους μυς, αφήνοντας το βραχιόνιο ως το πλέον κινητό τμήμα.

Παρόλο που αυτό το αξίωμα μπορεί να φαίνεται υπερβολικά απλουστευτικό, μπορεί να παρέχει χρήσιμα συμπεράσματα για την κατανόηση του παθομηχανικού αιτίου συγκεκριμένων κινήσεων ή στάσεων. Επιπλέον, το αξίωμα επιτρέπει στον φοιτητή της κινησιολογίας να κατανοήσει τις μεγάλες δυνατότητες ενεργειών που είναι διαθέσιμες από τους μυς ακόμη και σε υγιή κατάσταση. Κάθε τμήμα μιας άρθρωσης είναι εξίσου πιθανό να κινηθεί ως αποτέλεσμα μιας μυϊκής συστολής.

θεραπευτή για να αξιολογήσει έναν συγκεκριμένο μυ για πιθανή αδυναμία, βράχυνση, αντίδραση προφύλαξης ή πηγή πόνου και εάν ανταποκρίνεται σε μια ενδεικνυόμενη παρέμβαση.

Η λογική που παρουσιάζεται στο Σχ. 1.20, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει την ενέργεια οποιουδήποτε μυός στο σώμα σε οποιαδήποτε άρθρωση. Εφόσον είναι διαθέσιμο, είναι χρήσιμο να χρησιμοποιηθεί ένα αρθρωτό μοντέλο σκελετού και ένα κομμάτι νήμα που μιμείται τη γραμμή έλξης του μυός, για την πρακτική εφαρμογή αυτής της λογικής. Αυτή η άσκηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν αναλύεται ένας μυς, του οποίου η ενέργεια αλλάζει ανάλογα με τη θέση μιας άρθρωσης. Ένας τέτοιος μυς είναι ο οπίσθιος δελτοειδής. Από την ανατομική θέση ο οπίσθιος δελτοειδής είναι ένας προσαγωγός της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης (απεικονίζεται προηγουμένως στο Σχ. 1.20α). Αν το χέρι κάνει απαγωγή πάνω από το ύψος του κεφαλιού, η γραμμή της δύναμης του μυός μετατοπίζεται αμέσως ψηλότερα από τον άξονα στροφής. Ως συνέπεια, ο οπίσθιος δελτοειδής απάγει ενεργά τον ώμο. Το παράδειγμα δείχνει πως ένας μυς μπορεί να έχει αντίθετες ενέργειες, ανάλογα με τη θέση της άρθρωσης την ώρα της μυϊκής ενεργοποίησης. Είναι σημαντικό, ως εκ τούτου, να καθιερωθεί ένα σύστημα αναφοράς για την άρθρωση όταν αναλύονται οι ενέργειες ενός μυός. Μια κοινή θέση αναφοράς είναι η ανατομική θέση (βλέπε Σχ. 1.4). Εκτός εάν έχει οριστεί διαφορετικά, οι ενέργειες των μυών που περιγράφονται στα Τμήματα II έως IV του βιβλίου, βασίζονται στην παραδοχή ότι η άρθρωση βρίσκεται στην ανατομική θέση.

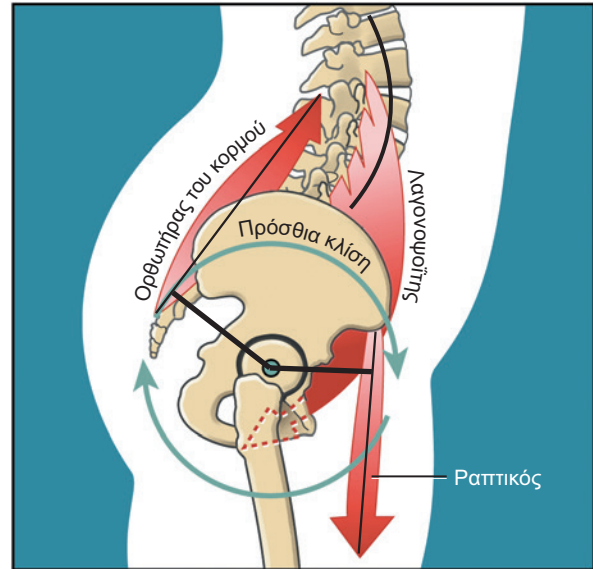
Ορολογία Σχετική με τις Μυϊκές Ενέργειες

Οι ακόλουθοι όροι συχνά χρησιμοποιούνται όταν περιγράφονται οι ενέργειες των μυών:

Ο αγωνιστής είναι ο μυς ή η μυϊκή ομάδα που σχετίζεται πιο άμεσα με την έναρξη και εκτέλεση μιας συγκεκριμένης κίνησης. Για παράδειγμα, ο πρόσθιος κνημιαίος είναι αγωνιστής για την κίνηση της ραχιαίας κάμψης στην ποδοκνημική.

Ο ανταγωνιστής είναι ο μυς ή η μυϊκή ομάδα που θεωρείται ότι έχει την αντίθετη ενέργεια από έναν συγκεκριμένο πρωταγωνιστή. Για παράδειγμα, ο γαστροκνήμιος και ο υποκνημίδιος θεωρούνται ανταγωνιστές του πρόσθιου κνημιαίου.

Οι μύες θεωρούνται συνεργοί, όταν συνεργάζονται κατά την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης κίνησης. Στην πραγματικότητα οι πιο ουσιαστικές κινήσεις του σώματος περιλαμβάνουν πολλαπλούς μύες που δρουν ως συνεργοί. Εξετάστε, ως παράδειγμα, τον ωλένιο καμπτήρα του καρπού και τον κερκιδικό καμπτήρα του καρπού κατά την κάμψη της πηχεοκαρπικής. Οι μύες δρουν συνεργητικά, διότι συνεργάζονται για να κάμψουν τον καρπό. Κάθε μυς, εντούτοις, μπορεί να εξουδετερώσει την τάση του άλλου να κινήσει τον καρπό σε κερκιδική ή ωλένια κατεύθυνση. Παράλυση του ενός εκ των δύο μυών επηρεάζει σημαντικά τη συνολική ενέργεια του άλλου.



Σχ. 1.21 Πλάγια όψη του ζεύγους δύναμης που σχηματίζεται ανάμεσα στους δύο αντιπροσωπευτικούς καμπτήρες του ισχίου (ραπτικός και λαγονοψοίτης) και των εκτεινόντων μυών της οσφύς (ορθωτήρας του κορμού) καθώς συσπώνται για να κάνουν πρόσθια κλίση στη λεκάνη. Οι εσωτερικοί μοχλοβραχίονες που χρησιμοποιούνται από τους μύες υποδεικνύονται με μαύρα βέλη. Ο άξονας στροφής διατρέχει ανάμεσα και από τα δύο ισχία.

Ένα άλλο παράδειγμα μυϊκής συνεργίας περιγράφεται ως ένα μυϊκό ζεύγος δύναμης. Ένα μυϊκό ζεύγος δύναμης σχηματίζεται όταν δυο ή περισσότεροι μύες παράγουν ταυτόχρονα δυνάμεις σε διαφορετικές γραμμικές κατευθύνσεις, μολονότι οι ροπές στις οποίες καταλήγουν δρουν σε στροφική κατεύθυνση. Μια γνωστή αντιστοιχία ζεύγους δύναμης συμβαίνει μεταξύ των δύο χεριών, ενώ στρίβουν ένα τιμόνι. Η στροφή στο τιμόνι δεξιά συμβαίνει εξαιτίας της ενέργειας του δεξιού χεριού που τραβά προς τα κάτω και του αριστερού χεριού που τραβά προς τα πάνω το τιμόνι. Παρόλο που τα χέρια παράγουν δυνάμεις σε διαφορετική γραμμική κατεύθυνση, προκαλούν ροπή στο τιμόνι προς την ίδια κατεύθυνση. Οι καμπτήρες και οι εκτεινόντες μύες του ισχίου, για παράδειγμα, σχηματίζουν ένα ζεύγος δύναμης για να στρίψουν τη λεκάνη σε ένα οβελιαίο επίπεδο στις αρθρώσεις των ισχίων (Σχ. 1.21).

Μυοσκελετικοί Μοχλοί

ΤΡΙΑ ΕΙΔΗ ΜΟΧΛΩΝ

Στο σώμα, εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις παράγουν ροπές, μέσω ενός συστήματος μοχλών. Μιλώντας γενικά, ένας μοχλός είναι μια απλή μηχανή που αποτελείται από μια άκαμπτη ράβδο η οποία στηρίζεται σε ένα σημείο περιστροφής. Το πρίονι είναι ένα κλασικό παράδειγμα μοχλού πρώτου είδους (Σχ. 1.22). Μια λειτουργία ενός μοχλού είναι να μετατρέψει μια γραμμική δύναμη σε μια στροφική ροπή. Όπως εμφανίζεται στην τραμπάλα