



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΜΥΣ



## 5.1 Μυϊκή Συστολή

### Γενικά για το μυϊκό ιστό

Θα ξεκινήσουμε με μια αναφορά σε στοιχεία ανατομίας και ιστολογίας σχετικά με το μυϊκό ιστό. Ο μυϊκός ιστός αποτελείται από τα μυϊκά κύτταρα, τα οποία ονομάζονται **μυϊκές ίνες**. Ο μυϊκός ιστός ταξινομείται σε δύο τύπους: το **λείο** μυϊκό ιστό και το **γραμμωτό** μυϊκό ιστό. Ο λείος μυϊκός ιστός αποτελείται από μυϊκές ίνες των οποίων η συστολή δεν υπόκειται στον εκούσιο έλεγχο του ανθρώπου. Τέτοιες ίνες υπάρχουν στα μάτια, τα σπλάγχνα, το δέρμα, τα αγγεία και αλλού. Ο γραμμωτός μυϊκός ιστός αποτελείται από μυϊκές ίνες των οποίων η συστολή βρίσκεται κάτω από τον προσωπικό έλεγχο του ανθρώπου. Τέτοιες ίνες βρίσκονται στους σκελετικούς μυς, οι οποίοι λέγονται και γραμμωτοί. Ιδιαίτερη μορφή γραμμωτού μυϊκού ιστού αποτελεί ο **καρδιακός μυς** ο οποίος, αν και γραμμωτός, η συστολή του δεν υπόκειται στη βούληση του ανθρώπου.

Η αναφορά μας από εδώ και πέρα θα αφορά το γραμμωτό μυϊκό ιστό, δηλαδή τους σκελετικούς μυς.

Όπως είπαμε και πιο πάνω η δομική και λειτουργική μονάδα του μυϊκού συστήματος είναι η μυϊκή ίνα, η οποία είναι επιμήκης και κυλινδρική. Πολλές μυϊκές ίνες σχηματίζουν τις μυϊκές **δεσμίδες** και πολλές δεσμίδες σχηματίζουν το μυ. Η μυϊκή ίνα αποτελείται από πολλά **μυοϊνίδια** και τα **μυοϊνίδια** αποτελούνται από πολλά **μυονημάτια**. Τα μυονημάτια είναι δύο ειδών η **ακτίνη** (λεπτά μυονημάτια) και η **μυοσίνη** (παχιά μυονημάτια).

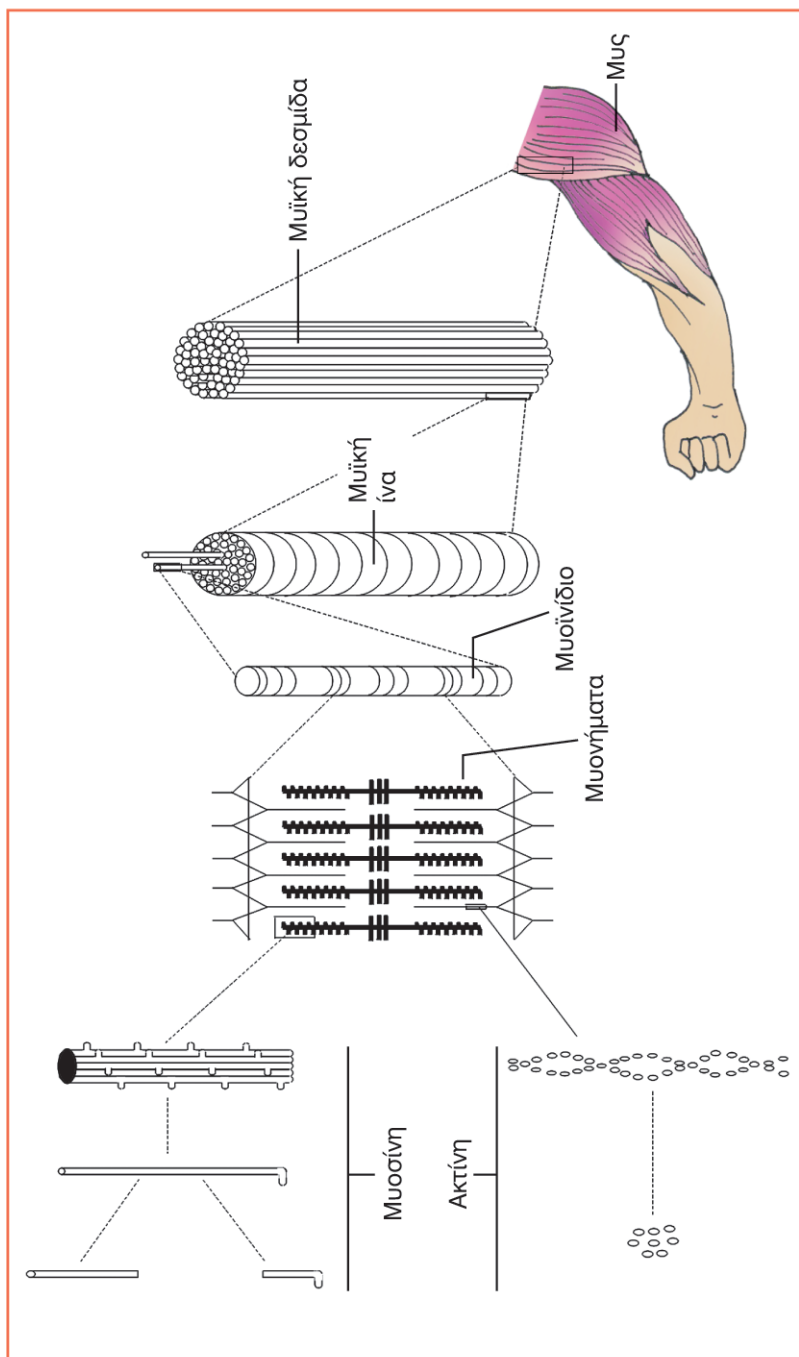
Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι ανατέμνοντας ένα μυ και παρατηρώντας τον στο μικροσκόπιο θα δούμε: μυϊκές δεσμίδες - μυϊκές ίνες - μυοϊνίδια - μυονημάτια (ακτίνη και μυοσίνη).

Οι μυς λοιπόν είναι όργανα φτιαγμένα από μυϊκό ιστό, ελαστικά και έχουν την ικανότητα συστολής, δηλαδή μπορούν να μικραίνουν ενεργητικά το μήκος τους. Οι μύες βρίσκονται κάτω από το δέρμα και είναι συνδεδεμένοι στα οστά, όπως θα δούμε παρακάτω.

### Μέρη του μύος

Σ' ένα μυ διακρίνουμε τα εξής μέρη:

- τη **γαστέρα**
- την **έκφυση**
- την **κατάφυση**



**ΕΙΚΟΝΑ 5.1**  
Σχηματική απεικόνιση της ανατομικής κατασκευής των μυών

**Γαστέρα** είναι το μεσαίο τμήμα του μυός, το οποίο είναι και το κυρίως συστατικό.

**Έκφυση** είναι το ένα από τα δύο άκρα του μυός, το οποίο είναι τοποθετημένο πιο κεντρικά, δηλαδή στο λιγότερο κινητό τμήμα του σκελετού. Πολλοί μύες έχουν περισσότερες από μία εκφύσεις στο ίδιο ή και σε άλλο οστό.

**Κατάφυση** είναι το άλλο άκρο του μυός, το οποίο είναι τοποθετημένο πιο περιφερικά, δηλαδή στο περισσότερο κινητό τμήμα του σκελετού. Πολλοί μύες έχουν περισσότερες από μία κατάφυση, στο ίδιο ή και σε άλλο οστό.

Η έκφυση και η κατάφυση ενός μυός με μία λέξη λέγονται **προσφύσεις**. Λέγοντας λοιπόν ότι κάποιος μυς προσφύεται σε δύο συγκεκριμένα οστά εννοούμε ότι στο ένα οστό έχει την έκφυση και στο άλλο την κατάφυσή του.

Κατά κανόνα η έκφυση και η κατάφυση ενός μυός βρίσκονται σε δύο οστά τα οποία σχηματίζουν άρθρωση. Υπάρχουν όμως και μύες οι οποίοι δεν ακολουθούν αυτή την αρχή. Για τους μυς αυτούς (πολυαρθρικούς) θα μιλήσουμε παρακάτω. Η πρόσφυση των μυών στα οστά γίνεται με τη βοήθεια των **τενόντων**. Οι τένοντες είναι δεσμίδες από πυκνό συνδετικό ιστό. Το σχήμα και το μήκος τους ποικίλλει ανάλογα με το μυ, τον οποίον συνδέουν στο κάθε οστό. Μπορεί να είναι κυλινδρoειδείς, ταινιοειδείς ή να έχουν σχήμα αποπλατυσμένο. Οι τένοντες είναι ανθεκτικοί και δεν έχουν ελαστικότητα. Εκτός από τη σύνδεση στα οστά, αποστολή τους είναι και να μεταβιβάζουν την ενέργεια των μυών στα οστά. Δηλαδή τη συστολή των μυών να τη μεταφέρουν σαν έλξη. Μπορούμε να διακρίνουμε τους τένοντες σε **εκφυτικούς** και **καταφυτικούς**.

### Είδη μύων

Οι μύες μορφολογικά θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε:

- **μακρούς**
- **βραχείς**
- **πλατείς**

**Μακροί μύες** βρίσκονται κατά κανόνα στα άνω και στα κάτω άκρα και έχουν σχήμα πτεροειδές, ταινιοειδές, ατρακτοειδές κ.λπ.

**Βραχείς μύες** βρίσκονται συνήθως στο κεφάλι, την άκρα χείρα, τον άκρο πόδα και τη σπονδυλική στήλη.

**Πλατείς μύες** βρίσκονται κυρίως στον κορμό (στην κοιλιά, τη ράχη, το θώρακα).

## Ονοματολογία μυών

Γενικά η ονομασία των μυών έχει βασιστεί σε διάφορα στοιχεία τους όπως:

- το σχήμα τους
- το μέγεθός τους
- τη θέση τους
- την ενέργειά τους
- τον αριθμό των κεφαλών τους
- τη φορά τους
- τον τρόπο της έκφυσής τους

Ονόματα μυών τα οποία έχουν προέλθει από το **σχήμα** τους είναι τα: δελτοειδής, ρομβοειδής, στρογγύλος, σκαληνός, πυραμοειδής, τετράγωνος κ.λπ.

Ονόματα μυών τα οποία έχουν βασιστεί στο **μέγεθος** τους είναι τα: μεγάλος, μικρός, βραχύς κ.λπ.

Ονόματα μυών τα οποία έχουν προέλθει από τη **θέση** τους είναι τα: θωρακικός, κοιλιακός, μηριαίος, βραχιόνιος, κνημιαίος, ραχιαίος κ.λπ.

Ονόματα μυών τα οποία έχουν βασιστεί στην **ενέργεια** τους είναι τα: καμπτήρας, εκτείνων, προσαγωγός, πρηνιστής, υπτιαστής, απαγωγός κ.λπ.

Ονόματα μυών τα οποία έχουν προέλθει από τον **αριθμό των κεφαλών** τους είναι τα: τετρακέφαλος, τρικέφαλος και δικέφαλος.

Ονόματα μυών τα οποία έχουν βασιστεί στη **φορά** τους είναι τα: λοξός, εγκάρσιος, ορθός.

Ονόματα μυών τα οποία έχουν προέλθει από τον **τρόπο της έκφυσής** τους είναι τα: οδοντωτός, πολυσχιδής κλπ.

## Μηχανισμός μυϊκής συστολής

Η επικρατέστερη θεωρία για το μηχανισμό της μυϊκής συστολής είναι αυτή της **ολίσθησης των μυονηματίων**. Αυτό σημαίνει (σε γενικές γραμμές) ότι, όταν ο μυς συστέλλεται, τα νημάτια της ακτίνης (λεπτά νημάτια) και τα νημάτια της μυοσίνης (παχιά νημάτια) γλιστρούν μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι το μήκος των μυονηματίων δε μειώνεται, αλλά παραμένει σταθερό, ενώ τα νημάτια αυτά διεισδύουν και γλιστράνε το ένα παράλληλα πάνω στο άλλο. Με τον τρόπο αυτό λοιπόν μικραίνει το μήκος του μυός, οι προσφύσεις του πλησιάζουν η μία την άλλη, επομένως κινούνται και τα οστά στα οποία είναι συνδεδεμένος.

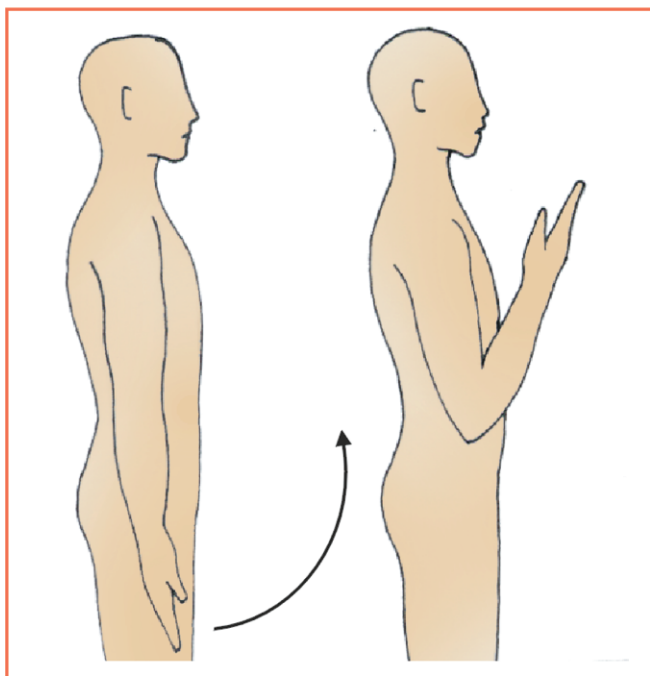
## Είδη μυϊκής συστολής

Η παραπάνω περιγραφή είναι μια γενικευμένη περιγραφή της μυϊκής συστολής. Στην πράξη υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις, οι οποίες και καθορίζουν τα τρία είδη της μυϊκής συστολής.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση και ανάλυση των ειδών μυϊκής συστολής χρήσιμο θα ήταν να "σκιαγραφήσουμε" την αποστολή των μυών με πιο λεπτομερή τρόπο και με κάποια παραδείγματα τα οποία θα αναλυθούν και στο εργαστηριακό μέρος του μαθήματος.

### Παράδειγμα 1°

Στεκόμαστε όρθιοι με τα χέρια στην ανατομική θέση. Αυτό που θα κά-  
νουμε είναι να κάμψουμε τον αγκώνα, δηλαδή να κινήσουμε το αντιβρά-  
χιο προς τα πάνω σα να θέλουμε να φέρουμε κάτι στο στόμα μας.



**ΕΙΚΟΝΑ 5.2**

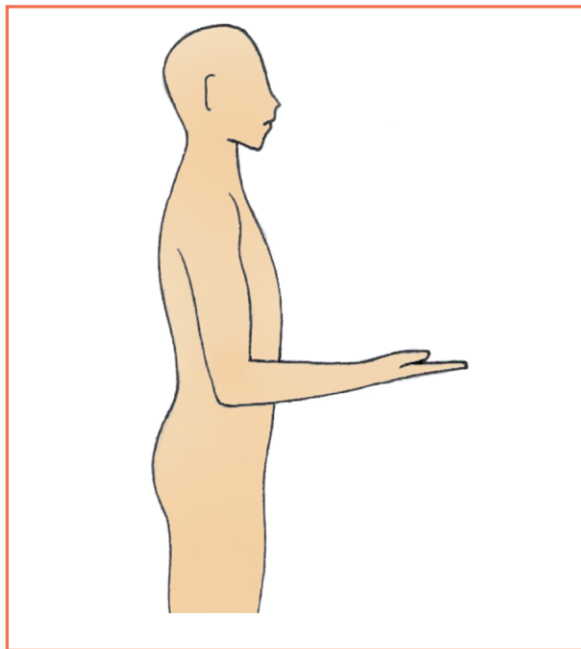
*Παράδειγμα μειομετρικής συστολής*

Πώς ακριβώς έγινε η κίνηση αυτή; Δηλαδή πώς τα οστά του αντιβρα-  
χίου κινήθηκαν σε σχέση με το βραχιόνιο οστό; Η απάντηση είναι ότι συ-

σπάστηκε ο μυς ή οι μύες, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο βραχιόνιο οστό και στα οστά του αντιβραχίου. Σε αυτούς τους μυς λοιπόν έγινε ολίσθηση των μυονηματίων μεταξύ τους, όπως περιγράψαμε πιο πάνω, με αποτέλεσμα να πλησιάσουν μεταξύ τους οι προσφύσεις τους και να τραβήξουν τα οστά στα οποία είναι συνδεδεμένες. Με την παραπάνω κίνηση παρουσιάζεται το πρώτο είδος μυϊκής συστολής: η **μειομετρική**.

### Παράδειγμα 2°

Από την ίδια θέση, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, κρατάμε το αντιβράχιο παράλληλο με το έδαφος (δηλαδή τον αγκώνα σε κάμψη 90°).



**ΕΙΚΟΝΑ 5.3**

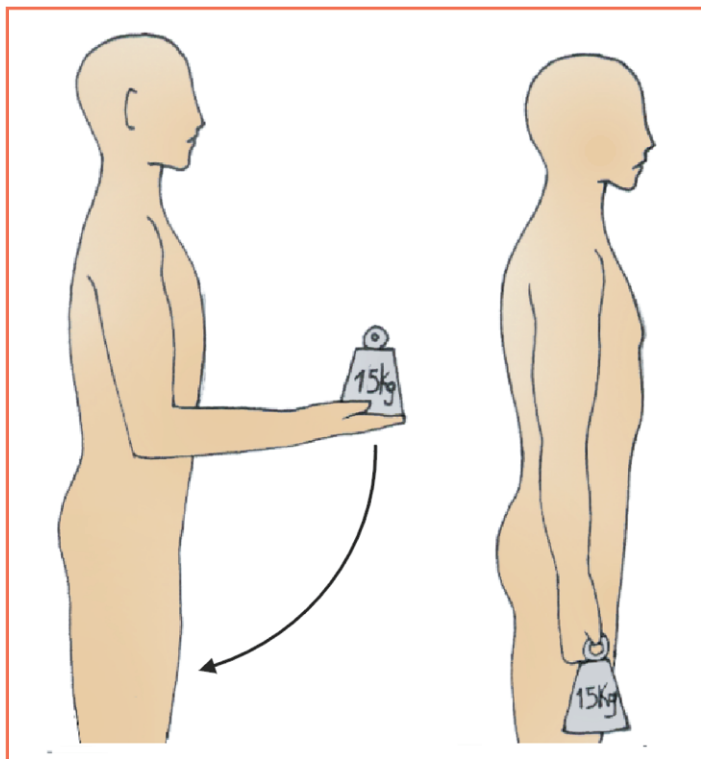
*Παράδειγμα ισομετρικής συστολής*

Όπως αντιλαμβανόμαστε υπάρχει το βάρος του μέλους (του χεριού) το οποίο (βάρος) φυσικά έχει φορά προς τα κάτω. Το χέρι όμως δεν πέφτει, διότι κάποιοι μύες έχουν κάνει σύσπαση και το "κρατάνε". Οι μύες αυτοί είναι οι ίδιοι, όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα. Παρατηρούμε ότι στην άρθρωση δε γίνεται κίνηση. Οι συγκεκριμένοι μύες λοιπόν εκτελούν ένα άλλο είδος μυϊκής συστολής: την **ισομετρική**.



**Παράδειγμα 3°**

Από την ίδια θέση όπως στο προηγούμενο παράδειγμα φέρνουμε το αντιβράχιο παράλληλο με το έδαφος και κάποιος μας δίνει να κρατήσουμε ένα βάρος 15 κιλών. Παρατηρούμε ότι είναι σχεδόν αδύνατο να κρατήσουμε το χέρι ακίνητο και αρχίζει να πέφτει αργά (ή πιο γρήγορα σε άλλους) παρόλο που οι συγκεκριμένοι μύες βάζουν όση δύναμη μπορούν.

**ΕΙΚΟΝΑ 5.4**

*Παράδειγμα πλειομετρικής συστολής*

Στο παράδειγμα αυτό παρουσιάζεται το τρίτο είδος μυϊκής συστολής: η **πλειομετρική**.

Συνοψίζοντας λοιπόν, θα λέγαμε ότι τα είδη μυϊκής συστολής είναι:

- η **μειομετρική**
- η **ισομετρική**
- η **πλειομετρική**

Έχοντας τώρα κατά νου τα παραπάνω παραδείγματα μπορούμε να προχωρήσουμε στη θεωρητική διατύπωση και ανάπτυξη των ειδών μυϊκής συστολής. Οι βασικές παράμετροι τις οποίες θα χρησιμοποιούμε είναι: η δύναμη που ασκεί ο μυς, η αντίσταση, η σχέση δύναμης και αντίστασης, το αν γίνεται ή όχι κίνηση στην άρθρωση και τέλος η κατεύθυνση της κίνησης αυτής.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι με τον όρο **αντίσταση** εννοούμε οτιδήποτε τείνει να κινήσει μια άρθρωση και δεν είναι μυϊκή δύναμη προερχόμενη από τους μυς της συγκεκριμένης άρθρωσης. Η αντίσταση μπορεί να είναι το βάρος του μέλους με ό,τι αυτό κρατά (π.χ. ένας αλτήρας) ή μια εξωτερική αντίσταση. Στα παραδείγματά μας αντίσταση είναι: στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> παράδειγμα το βάρος του αντιβραχίου, ενώ στο 3<sup>ο</sup> παράδειγμα είναι το βάρος του αντιβραχίου συν το βάρος του αλτήρα. Αν στο 2<sup>ο</sup> παράδειγμα κάποιος τρίτος έσπρωχνε το αντιβράχιο προς τα κάτω ή προς τα πάνω, τότε θα μιλούσαμε για εξωτερική αντίσταση. Όπως θα δούμε παρακάτω, **η φορά της αντίστασης είναι αυτή που καθορίζει ποιες μυϊκές ομάδες θα ενεργοποιηθούν.**

Αναλυτικά λοιπόν τα τρία είδη μυϊκής συστολής είναι:

- Η **μειομετρική** συστολή κατά την οποία ο μυς υπερνικά την αντίσταση, μειώνεται το μήκος του και η άρθρωση κινείται προς την κατεύθυνση της δύναμης (έλξης) του μυ.
- Η **ισομετρική** συστολή κατά την οποία ο μυς αναπτύσσει δύναμη ίση με την αντίσταση, το μήκος του παραμένει σταθερό και δε γίνεται κίνηση στην άρθρωση.
- Η **πλειομετρική** συστολή κατά την οποία η αντίσταση είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη του μυός, το μήκος του μυ μεγαλώνει και η άρθρωση κινείται προς την κατεύθυνση της αντίστασης.

Κάτι άλλο που πρέπει να διευκρινιστεί, όσον αφορά την ισομετρική και την πλειομετρική συστολή, είναι ότι πραγματοποιούνται όχι μόνο όταν ο μυς ή οι μύες δεν μπορούν αλλά και όταν δε θέλουν να υπερνικήσουν την αντίσταση εναντίον της οποίας αναλαμβάνουν να συσπαστούν, οπότε αντίστοιχα ασκούν δύναμη ίση (ισομετρική συστολή) ή μικρότερη (πλειομετρική συστολή) από την αντίσταση. Αυτό θα γίνει καλύτερα κατανοητό εξετάζοντας πάλι τα παραπάνω παραδείγματα τα οποία θα γίνουν και στο εργαστηριακό μέρος του μαθήματος και τα οποία βέβαια μπορούν να τροποποιηθούν και να εμπλουτιστούν, ανάλογα με την κρίση του καθηγητή.

Συγκεκριμένα λοιπόν και όσον αφορά την ισομετρική συστολή, επιστρέφοντας στο 2<sup>ο</sup> παράδειγμα βλέπουμε ότι το χέρι βρίσκεται παράλ-

ληλα με το έδαφος. Η αντίσταση, όπως εύκολα αντιλαμβανόμαστε, είναι το βάρος του μέλους (αντιβράχιο). Το βάρος του μέλους έχει φορά προς τα κάτω, άρα η φορά της αντίστασης είναι προς την έκταση του αγκώνα ή μπορούμε να πούμε ότι η αντίσταση θέλει να κινήσει το μέλος (την άρθρωση για να ακριβολογήσουμε) προς έκταση. Η συστολή των καμπτήρων μυών όμως ασκεί στα οστά του αντιβραχίου δύναμη ίση και με αντίθετη φορά (σε σχέση με την αντίσταση), με τελικό αποτέλεσμα οι ροπές της αντίστασης και της δύναμης να αλληλοεξουδετερώνονται και η άρθρωση να μένει ακίνητη. Για τους μυς του παραδείγματος δεν είναι δύσκολο να ασκήσουν δύναμη μεγαλύτερη από την αντίσταση, απλώς για κάτι τέτοιο δεν δόθηκε η κατάλληλη εντολή από το κεντρικό νευρικό σύστημα. Δηλαδή γίνεται ισομετρική συστολή, διότι οι καμπτήρες μύες **δε θέλουν** να ασκήσουν μεγαλύτερη δύναμη από την αντίσταση, αν και μπορούν. Αν όμως κρατηθεί στην άκρα χείρα και ένας αλτήρας βάρους 15 ή 20 κιλών, τότε (αν μιλήσουμε για έναν υγιή άνδρα) το πιθανότερο είναι να κρατήσει το αντιβράχιό του παράλληλα με το έδαφος για λίγα δευτερόλεπτα χωρίς να μπορέσει όμως να το σηκώσει πιο ψηλά. Στην τελευταία περίπτωση γίνεται ισομετρική συστολή, διότι οι καμπτήρες μύες **δε μπορούν** να ασκήσουν δύναμη μεγαλύτερη από την αντίσταση.

Κάτι ανάλογο μπορεί να συμβεί και με την πλειομετρική συστολή, δηλαδή ο μυς να ασκήσει μικρότερη δύναμη από την αντίσταση είτε επειδή δε μπορεί είτε επειδή δε θέλει.

Στο παράδειγμα 3 έχουμε την περίπτωση κατά την οποία οι καμπτήρες μύες **δε μπορούν** να ασκήσουν δύναμη τουλάχιστον ίση με την αντίσταση (για να γίνει ισομετρική συστολή) ή μεγαλύτερη (για να γίνει μειομετρική συστολή). Αν όμως χωρίς αλτήρα αφήσουμε το αντιβράχιο από παράλληλο με το έδαφος να έρθει αργά κάτω (στην ανατομική θέση), τότε έχουμε την περίπτωση κατά την οποία οι μύες **δε θέλουν** να ασκήσουν ίση ή μεγαλύτερη δύναμη σε σχέση με την αντίσταση, αν και μπορούν.

Με βάση όλα τα παραπάνω θα μπορούσε κάποιος να πει ότι ο καθοριστικός παράγοντας για το είδος της συστολής που θα πραγματοποιήσει ένας μυς είναι η **σχέση δύναμης και αντίστασης** (για να ακριβολογήσουμε είναι η σχέση της ροπής της δύναμης του μυ και της ροπής της αντίστασης). Αν θα θέλαμε λοιπόν να συνοψίσουμε τη διαφοροποίηση της μυϊκής συστολής με βάση την παραπάνω σχέση, θα λέγαμε ότι:

Ένας μυς δεχόμενος από το κεντρικό νευρικό σύστημα εντολή για να συσπαστεί, αφού ξεκινήσει τη σύσπασή του, η δύναμη την οποία θα ασκήσει τίθεται "αντιμέτωπη" με την αντίσταση (όποια κι αν είναι αυτή). Τα πιθανά σενάρια είναι τρία (όσα και τα είδη των συστολών):

- α) αν η δύναμη είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση, τότε ο μυς θα μικρύνει και θα πλησιάσει τα άκρα του, με αποτέλεσμα η άρθρωση να κινηθεί προς την κατεύθυνση της δύναμης (ακριβέστερα της ροπής της δύναμης) του μυός - άρα γίνεται **μειομετρική** συστολή,
- β) αν η δύναμη είναι ίση με την αντίσταση, τότε ο μυς δε θα αλλάξει το μήκος του και δε θα γίνει κίνηση στην άρθρωση -άρα γίνεται **ισομετρική** συστολή,
- γ) αν η δύναμη είναι μικρότερη από την αντίσταση, τότε ο μυς θα μεγαλώσει (παρόλο που προσπαθεί να μικρύνει!) και η άρθρωση θα κινηθεί προς την κατεύθυνση της αντίστασης (της ροπής της αντίστασης) - άρα γίνεται **πλειομετρική** συστολή.

Τα παραπάνω μπορούν να συνοψιστούν στον παρακάτω πίνακα:

Είδος συστολής	Μήκος μυός	Σχέση Δύναμης / Αντίστασης	Κίνηση άρθρωσης
Μειομετρική	μικραίνει	Δύναμη > Αντίσταση	προς δύναμη
Ισομετρική	αμετάβλητο	Δύναμη = Αντίσταση	όχι κίνηση
Πλειομετρική	μεγαλώνει	Δύναμη < Αντίσταση	προς αντίσταση

Πιο κάτω παρατίθενται κάποια παραδείγματα των ειδών μυϊκής συστολής από την καθημερινή ζωή:

Όταν κάποιος κάθεται σε μια καρέκλα και θέλει να σηκωθεί, πρέπει μεταξύ άλλων κινήσεων να γίνει και έκταση στις αρθρώσεις των γονάτων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αντίσταση είναι το βάρος του υπόλοιπου σώματος (κυρίως του κορμού). Αυτή λοιπόν η αντίσταση τείνει να κινήσει τις αρθρώσεις των γονάτων προς κάμψη, όπως εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κανείς. Άρα λοιπόν οι εκτείνοντες μύες του γόνατος είναι αυτοί οι οποίοι θα αναλάβουν να συσπαστούν και να παράξουν δύναμη, η οποία θα υπερνικήσει (ή θα προσπαθήσει να υπερνικήσει) την αντίσταση. Σε έναν κινητικά υγιή άνθρωπο λοιπόν γίνεται ακριβώς αυτό και ο άνθρωπος αυτός σηκώνεται από την καρέκλα. Οι εκτείνοντες μύες του λοιπόν πραγματοποιούν **μειομετρική** συστολή.

Αντιστρέφοντας την κίνηση του παραδείγματος ας δούμε τι γίνεται (ή τι πρέπει να γίνει) όχι για να σηκωθεί αλλά για να καθήσει κάποιος σε μια καρέκλα. Αν παρατηρήσουμε τον τρόπο με τον οποίο κάθεται κάποιος (κινητικά υγιής), θα δούμε ότι κάθεται αργά και δεν πέφτει απότομα στο κάθισμα. Εστιάζοντας πάλι στις αρθρώσεις των γονάτων θα δούμε ότι η αντίσταση είναι η ίδια, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, και τείνει να κινήσει τα γόνατα προς κάμψη. Αναλαμβάνοντας λοιπόν οι εκτείνοντες

μύες των γονάτων, **εσκεμμένα** ασκούν τόσο μικρότερη δύναμη από την αντίσταση, όσο χρειάζεται για να γίνει η κίνηση του καθίσματος (δηλαδή η κίνηση της κάμψης γονάτων) αργά και όχι απότομα. Οι εκτεινόντες μύες εδώ πραγματοποιούν **πλειομετρική** συστολή.

Ας δούμε τώρα τι γίνεται με κάποιον ο οποίος κρατάει ένα δίσκο με ποτήρια. Υποθέτουμε ότι τον κρατάει με τέτοιο τρόπο ώστε το αντιβράχιό του να είναι σχεδόν παράλληλο με το έδαφος. Το βάρος του αντιβραχίου (και του δίσκου με τα ποτήρια βέβαια) αποτελεί την αντίσταση, η οποία τείνει να κινήσει τον αγκώνα προς έκταση (προς τα κάτω). Χρειάζεται λοιπόν μια δύναμη ίση με την αντίσταση και αντίθετή, της ώστε το αντιβράχιο να παραμείνει παράλληλο με το έδαφος. Αυτή τη δύναμη θα την ασκήσουν οι καμπτήρες μύες της άρθρωσης του αγκώνα πραγματοποιώντας **ισομετρική** συστολή.

Όπως μπορεί να αντιληφθεί κάποιος, τα διάφορα είδη μυϊκής συστολής έχουν εφαρμογή σε απλές δραστηριότητες της καθημερινής ζωής και βοηθούν ώστε η κίνηση του ανθρώπινου σώματος να γίνεται αρμονικά και με πλαστικότητα. Σε μεγαλύτερο βαθμό αυτό συμβαίνει και σε πιο σύνθετες και πολύπλοκες κινήσεις όπως στις αθλητικές δραστηριότητες. Πρέπει να υπενθυμίσουμε βέβαια ότι αυτό επιτυγχάνεται με τη συνεργασία και του νευρικού συστήματος.

## 5.2 Λειτουργία των Μυών σε Σχέση με το Ερειστικό Σύστημα

Η κύρια αποστολή του μυϊκού συστήματος στον άνθρωπο είναι, σε συνεργασία με το ερειστικό σύστημα και υπό την εποπτεία και καθοδήγηση του νευρικού συστήματος, η παραγωγή της κίνησης του σώματος. Η συνεργασία αυτών των τριών συστημάτων είναι πολύ στενή γι' αυτό και συναντάμε όρους όπως μυοσκελετικό σύστημα, νευρομυϊκή συναρμογή\* κ.λπ. Εδώ θα μας απασχολήσει η συνεργασία του μυϊκού με το ερειστικό σύστημα.

Όπως αναφέρθηκε και σε άλλο κεφάλαιο, η κίνηση του ανθρώπινου σκελετού πραγματοποιείται στις αρθρώσεις. Όπως έχει αναφερθεί σε άλλο μάθημα, κάθε άρθρωση διαθέτει το δικό της βαθμό ελευθερίας κίνησης. Λέγοντας ότι μια άρθρωση έχει ένα βαθμό ελευθερίας κίνησης

\* Νευρομυϊκή συναρμογή: η ικανότητα του ανθρώπινου σώματος να εκτελεί κινήσεις αρμονικές και με πλαστικότητα. Προϋποθέτει την σωστή λειτουργία και συνεργασία του νευρικού και του μυϊκού συστήματος.



εννοούμε ότι κινείται σε ένα μόνο επίπεδο, δηλαδή εκτελεί δύο κινήσεις αντίθετες μεταξύ τους (π.χ. κάμψη - έκταση). Δύο βαθμοί ελευθερίας κίνησης σημαίνει ότι η άρθρωση εκτελεί κινήσεις σε δύο επίπεδα, οπότε οι κινήσεις είναι τέσσερις, ανά δύο αντίθετες (π.χ. κάμψη - έκταση και κερκιδική - ωλένια απόκλιση). Τρεις βαθμοί ελευθερίας κίνησης σημαίνει ότι η άρθρωση εκτελεί κινήσεις σε τρία επίπεδα, οπότε οι κινήσεις είναι έξι, ανά δύο αντίθετες (π.χ. κάμψη - έκταση, απαγωγή - προσαγωγή, έσω - έξω στροφή).

Κάθε άρθρωση λοιπόν και ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας κίνησης που διαθέτει, "περιορίζεται" από μυς ή μυϊκές ομάδες.

Μια άρθρωση, η οποία εκτελεί μόνο π.χ. κάμψη και έκταση (ένας βαθμός ελευθερίας), έχει ένα ζεύγος μυών ή μυϊκών ομάδων. Από τους μυς ή τις μυϊκές αυτές ομάδες κάποιοι είναι οι καμπτήρες και οι άλλοι είναι οι εκτείνοντες για την άρθρωση αυτή.

Αντίστοιχα σε άρθρωση με δύο βαθμούς ελευθερίας κίνησης (π.χ. κάμψη - έκταση και κερκιδική - ωλένια απόκλιση) οι μυϊκές ομάδες είναι τέσσερις ανά δύο αντίθετες, δηλαδή καμπτήρες - εκτείνοντες και μύες που εκτελούν κερκιδική - ωλένια απόκλιση.

Σε άρθρωση που εκτελεί τρία ζεύγη αντίθετων κινήσεων (π.χ. κάμψη - έκταση, απαγωγή - προσαγωγή, έσω - έξω στροφή) οι μυϊκές ομάδες θα είναι καμπτήρες - εκτείνοντες, απαγωγοί - προσαγωγοί, έσω στροφείς - έξω στροφείς.

Ένας μυς χαρακτηρίζεται ως **πρωταγωνιστής**, όταν είναι ο βασικός μυς για μια κίνηση. **Βοηθητικός**, όταν βοηθά στη συγκεκριμένη κίνηση. **Ανταγωνιστής**, όταν εκτελεί την αντίθετη κίνηση από τον πρωταγωνιστή. Επίσης ένας μυς μπορεί να χαρακτηριστεί ως **σταθεροποιός**, όταν σταθεροποιεί κάποια οστά για να γίνει καλύτερα μια κίνηση και ως **εξουδετεροποιός**, όταν εξουδετερώνει κάποιες ανεπιθύμητες κινήσεις που ίσως να γίνονταν λόγω της συμμετοχής πολλών μυών σε μια κίνηση.

Η άρθρωση την οποία θα χρησιμοποιήσουμε σαν παράδειγμα είναι αυτή του αγκώνα η οποία εκτελεί δύο κινήσεις, κάμψη και έκταση. Σύμφωνα λοιπόν με τα προαναφερθέντα, στην άρθρωση αυτή θα υπάρχουν δύο μυϊκές ομάδες οι οποίες θα εκτελούν τις κινήσεις αυτές, δηλαδή η μυϊκή ομάδα η οποία θα εκτελεί κάμψη (καμπτήρες) και η μυϊκή ομάδα η οποία θα εκτελεί έκταση (εκτείνοντες). Από τη μυϊκή ομάδα των καμπτήρων, ένας (ή περισσότεροι) μυς είναι ο βασικός καμπτήρας και ονομάζεται **πρωταγωνιστής** (όσον αφορά την κάμψη). Οι υπόλοιποι μύες από την ομάδα των καμπτήρων αποτελούν τους **βοηθητικούς** (όσον αφορά την κάμψη). Οι μύες οι οποίοι εκτελούν έκταση είναι οι **ανταγωνιστές** (όσον αφορά την κάμψη). Αν εξετάσουμε τους ίδιους μυς της ίδιας άρθρω-

σης ως προς την αντίθετη κίνηση (την έκταση), θα δούμε ότι από τους εκτείνοντες κάποιοι χαρακτηρίζονται **πρωταγωνιστές** και κάποιοι **βοηθητικοί** (όσον αφορά την έκταση), ενώ οι καμπτήρες χαρακτηρίζονται **ανταγωνιστές** (όσον αφορά την έκταση).

Μια ειδική κατηγορία μυών είναι οι **πολυαρθρικοί** μύες. Πρόκειται για μυς οι οποίοι "περνούν" ή "δρουν" σε δύο ή περισσότερες αρθρώσεις. Τέτοιοι μύες είναι ο δικέφαλος βραχιόνιος, ο ορθός μηριαίος, οι οπίσθιοι μηριαίοι και άλλοι. Η ιδιαιτερότητα των μυών αυτών είναι ότι δε βραχύνονται τελείως και βρίσκονται πάντα σε ετοιμότητα για παραγωγή έργου. Η σημασία τού ότι δεν βραχύνονται τελείως οι πολυαρθρικοί μύες θα φανεί καλύτερα, αν παραθέσουμε δύο ιδιότητες σχετικές με τη σύσπαση των μυών γενικά.

### ● 1η ιδιότητα

Η δύναμη που παράγει ένας μυς εξαρτάται από το μήκος του τη στιγμή της συστολής. Αν ο μυς είναι σε θέση υπερβολικής βράχυνσης ή υπερβολικής επιμήκυνσης, η δύναμη που θα παραχθεί θα είναι μικρότερη από αυτή που θα παραχθεί σε μήκος αντίστοιχο της ηρεμίας του μυός (ή + 30 % του μήκους ηρεμίας). Δηλαδή, αν ο ίδιος μυς κάνει δύο συστολές, τη μία από θέση βράχυνσης και την άλλη από θέση ηρεμίας, στη δεύτερη περίπτωση η δύναμη που θα παραχθεί θα είναι μεγαλύτερη. Τα παραπάνω συνοψίζονται με τον όρο **μηκοδυναμική σχέση των μυών**.

### ● 2η ιδιότητα

Ένας μυς παράγει τόσο μεγαλύτερη δύναμη με τη συστολή του, όσο πιο αργά γίνει η συστολή αυτή. Δηλαδή, αν ο ίδιος μυς κάνει δύο συστολές, τη μία με μεγάλη ταχύτητα και την άλλη με μικρή, μεγαλύτερη δύναμη θα παραχθεί με τη μικρή ταχύτητα. Τα παραπάνω συνοψίζονται με τον όρο **ταχοδυναμική σχέση των μυών**.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν η μυϊκή σύσπαση για την κινητοποίηση μιας άρθρωσης θα γίνει ως εξής: έστω ότι πρέπει να κινηθεί μια άρθρωση και να εκτελέσει κάμψη:

- **από το κεντρικό νευρικό σύστημα θα φύγουν οι κατάλληλες "οδηγίες"** προς τη μυϊκή ομάδα των καμπτήρων, η οποία περιλαμβάνει τον ή τους πρωταγωνιστές και τους βοηθητικούς
- ξεκινά η **σύσπαση των καμπτήρων μυών** η οποία θα είναι ανάλογη με το μέγεθος της αντίστασης
- με το ξεκίνημα της σύσπασης των καμπτήρων **χαλαρώνουν οι ανταγωνιστές**, δηλαδή οι εκτείνοντες
- **αν είναι απαραίτητο**, θα σταλούν από το κεντρικό νευρικό σύστημα

"οδηγίες" για **σύσπαση σταθεροποιών** μυών, οι οποίοι θα σταθεροποιήσουν κάποια οστά για διευκόλυνση της λειτουργίας των πρωταγωνιστών και βοηθητικών καμπτήρων μυών

- **αν είναι απαραίτητο**, θα σταλούν από το κεντρικό νευρικό σύστημα "οδηγίες" για **σύσπαση εξουδετεροποιών** μυών, οι οποίοι θα εξουδετερώσουν ανεπιθύμητες ενέργειες των πρωταγωνιστών και βοηθητικών καμπτήρων μυών
- αφού όλα τα παραπάνω ρυθμιστούν και εκτελεστούν, πάντα με την εποπτεία του κεντρικού νευρικού συστήματος, **η σύσπαση των μυών θα μεταφερθεί μέσω των τενόντων τους στα οστά της άρθρωσης** και θα γίνει η επιθυμητή κίνηση, η κάμψη στο παράδειγμά μας.



## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Μυϊκή συστολή

#### Γενικές κατευθύνσεις

Στο εργαστηριακό μέρος αυτής της ενότητας σε πρώτη φάση θα έρθουμε σε επαφή με το μυϊκό σύστημα μέσω ανατομικών χαρτών, προπλασμάτων μυών, slides και video. Με τη βοήθεια αυτών των μέσων θα κατανοήσουμε τη δομή των γραμμωτών σκελετικών μυών και θα σχηματίσουμε σαφή εικόνα για τα μέρη τα οποία διακρίνουμε σε ένα μυ (γαστέρα, τένοντες). Επίσης θα δούμε τα διάφορα είδη των σκελετικών μυών (πλατείς, μακροί κλπ). Μια άλλη δραστηριότητα, η οποία θα μας βοηθούσε ιδιαίτερα είναι η ψηλάφηση διαφόρων μυών πάνω στο σώμα (μύες μακρούς, πλατείς κ.λπ.). Με αυτό τον τρόπο θα έχουμε πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το μυϊκό σύστημα.

Σε μεταγενέστερο στάδιο του εργαστηριακού μέρους του μαθήματος θα αναλύσουμε τον τρόπο αναγνώρισης και ανάλυσης των τριών ειδών μυϊκής συστολής. Δηλαδή θα μάθουμε βλέποντας μια κίνηση στο ανθρώπινο σώμα να αναγνωρίζουμε το είδος της μυϊκής συστολής που πραγματοποιήθηκε.

Για εκπαιδευτικούς λόγους θα παρουσιαστεί μια ακολουθία "βημάτων" τα οποία, αν ακολουθήσει κάποιος, θα μπορεί να αναγνωρίζει τα είδη των μυϊκών συστολών. Αρχικά, απλά θα αναφερθούν τα "βήματα" αυτά και στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν και παραδείγματα για πληρέστερη κατανόηση.

Βλέποντας λοιπόν να γίνεται μια κίνηση στο ανθρώπινο σώμα θα προχωρήσουμε στην ανάλυση ως εξής:

- **Βήμα 1°**

**Αναγνώριση της άρθρωσης ή των αρθρώσεων οι οποίες κινήθηκαν** καθώς και **αναγνώριση της κίνησης που έγινε** (αν είναι περισσότερες από μια αρθρώσεις, η ανάλυση θα γίνει ξεχωριστά για την καθεμία).

- **Βήμα 2°**

**Αναγνώριση της αντίστασης** (είτε πρόκειται για τη βαρύτητα είτε πρόκειται για εξωτερική αντίσταση) και της **κατεύθυνσης** στην οποία η αντίσταση "θέλει" να κινήσει την άρθρωση (το μέλος).

- **Βήμα 3°**

**Επισήμανση των μυών οι οποίοι θα συσπαστούν** εναντίον της α-

ντίστασης αυτής. Οι μύες είναι αυτοί οι οποίοι προκαλούν κίνηση αντίθετη από την κίνηση που θέλει να προκαλέσει η αντίσταση, π.χ. αν αναγνωρίσουμε ότι η αντίσταση τείνει να προκαλέσει κάμψη στην άρθρωση, τότε οι μύες που θα συσπαστούν θα είναι οι εκτεινόντες κ.ο.κ.

#### • Βήμα 4<sup>ο</sup>

**Βλέπουμε αν η άρθρωση κινήθηκε προς τη ροπή της δύναμης ή της αντίστασης** δηλαδή έχοντας κατά νου την κατεύθυνση της δύναμης και της αντίστασης (των ροπών τους για να ακριβολογούμε) τις συγκρίνουμε με την κατεύθυνση που κινήθηκε η άρθρωση. Οι πιθανότητες είναι τρεις:

- α) **αν η άρθρωση κινήθηκε προς την κατεύθυνση της δύναμης** (δηλ. η δύναμη ήταν μεγαλύτερη από την αντίσταση), τότε οι μύες πραγματοποίησαν μειομετρική συστολή,
- β) **αν η άρθρωση κινήθηκε προς την κατεύθυνση της αντίστασης** (δηλ. η αντίσταση ήταν μεγαλύτερη από τη δύναμη), τότε οι μύες πραγματοποίησαν πλειομετρική συστολή,
- γ) **αν η άρθρωση δεν κινήθηκε** (δηλ. η δύναμη και η αντίσταση ήταν ίσες), τότε οι μύες πραγματοποίησαν **ισομετρική συστολή**.

Από τα παραπάνω βήματα το πιο "κρίσιμο" θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι το δεύτερο βήμα δηλαδή η αναγνώριση της αντίστασης. Αν αυτή η αναγνώριση γίνει σωστά, η πιθανότητα λάθους στη συνέχεια είναι ανύπαρκτη, εφόσον ακολουθηθούν βέβαια τα "βήματα" και ο σωστός τρόπος σκέψης στο καθένα από αυτά.

Τώρα θα παραθέσουμε πάλι τον παραπάνω τρόπο ανάλυσης μιας κίνησης συνοδεύοντάς τον με κάποια παραδείγματα.

#### Παράδειγμα 1<sup>ο</sup>

Έστω ότι στέκεται κάποιος όρθιος στην ανατομική θέση και σηκώνει το αντιβράχιο από θέση κάθετη με το έδαφος σε θέση παράλληλη με το έδαφος (δηλαδή ο αγκώνας από θέση έκτασης έρχεται σε θέση κάμψης).

Σύμφωνα λοιπόν με το παραπάνω σκεπτικό θα προχωρήσουμε την ανάλυση ως εξής:

#### • Βήμα 1<sup>ο</sup>

Πρώτο δεδομένο είναι ότι η άρθρωση που κινήθηκε είναι αυτή του αγκώνα και η κίνηση που έγινε είναι κάμψη.

#### • Βήμα 2<sup>ο</sup>

Τώρα πρέπει να οριστεί με ακρίβεια η αντίσταση η οποία στη συ-

γκεκριμένη περίπτωση είναι η βαρύτητα, δηλαδή το βάρος του μέλους (αντιβραχίου). Επομένως η αντίσταση "θέλει" να κινήσει το μέλος (αντιβράχιο) προς τα κάτω δηλαδή την άρθρωση προς έκταση.

- **Βήμα 3°**

Αφού ξέρουμε ότι η ροπή της αντίστασης τείνει να κινήσει την άρθρωση προς έκταση, συμπεραίνουμε ότι θα ενεργοποιηθούν οι μύες οι οποίοι κάνουν την αντίθετη κίνηση, δηλαδή οι καμπτήρες μύες του αγκώνα.

- **Βήμα 4°**

Έχουμε δεδομένα μέχρι τώρα ότι η αντίσταση είναι προς έκταση αγκώνα και η δύναμη είναι προς κάμψη αγκώνα. Επίσης έχουμε δεδομένο ότι συσπάστηκαν οι καμπτήρες μύες. Εκκρεμεί το να βρούμε τι είδους σύσπαση έκαναν οι καμπτήρες μύες. Αφού λοιπόν έγινε κάμψη στον αγκώνα, δηλαδή η δύναμη υπερίσχυσε της αντίστασης, συμπεραίνουμε ότι οι **καμπτήρες πραγματοποίησαν μειομετρική συστολή**.

### Παράδειγμα 2°

Έστω ότι στέκεται κάποιος όρθιος στην ανατομική θέση και από τη θέση αυτή λυγίζει τα γόνατά του και χαμηλώνει τον κορμό του χωρίς όμως να σκύβει.

Σύμφωνα με το γνωστό μας σκεπτικό θα προχωρήσουμε την ανάλυση ως εξής:

- **Βήμα 1°**

Βρίσκουμε ποια ή ποιες αρθρώσεις κινήθηκαν καθώς και τι κινήσεις έκαναν. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι κινήθηκαν οι αρθρώσεις των γονάτων, οι οποίες έκαναν κάμψη και οι αρθρώσεις των ισχίων, οι οποίες έκαναν επίσης κάμψη. Θα ασχοληθούμε με τα γόνατα και στη συνέχεια θα αναλύσουμε τη μυϊκή συστολή που σχετίζεται με τις αρθρώσεις των ισχίων.

- **Βήμα 2°**

Ορίζουμε την αντίσταση η οποία είναι το βάρος του κορμού. Η αντίσταση λοιπόν "θέλει" να κινήσει τα γόνατα προς κάμψη.

- **Βήμα 3°**

Ξέροντας τώρα ότι η αντίσταση είναι προς την κάμψη, εύκολα συμπεραίνουμε ότι οι μύες οι οποίοι θα ενεργοποιηθούν είναι οι εκτεινόντες της άρθρωσης (δηλαδή οι μύες που κάνουν την αντίθετη κίνηση από αυτή που θέλει να κάνει η αντίσταση).

### • Βήμα 4°

Με δεδομένα την κατεύθυνση της αντίστασης (προς κάμψη), τους μύες που θα συσπαστούν (εκτείνοντες) και την κίνηση που τελικά έγινε (κάμψη) συμπεραίνουμε ότι η ροπή της αντίστασης υπερίσχυσε της ροπής της δύναμης. Τελικό συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι οι **εκτείνοντες μύες του γόνατος πραγματοποίησαν πλειομετρική συστολή**.

Ακολουθώντας τον ίδιο συλλογισμό και για τις αρθρώσεις του ισχίου βρίσκουμε ότι και για το ισχίο η αντίσταση είναι η βαρύτητα και θέλει να κινήσει το ισχίο προς κάμψη. Ενεργοποιούνται λοιπόν οι αντίθετοι μύες (οι εκτείνοντες του ισχίου). Αφού λοιπόν έγινε κάμψη ισχίου (δηλ. υπερίσχυσε η αντίσταση), οι εκτείνοντες μύες του ισχίου πραγματοποίησαν πλειομετρική συστολή.

### Παράδειγμα 3°

Έστω ότι στέκεται κάποιος (τον ονομάζουμε Α) όρθιος με το χέρι σε κάμψη ώμου  $90^\circ$  δηλαδή (παράλληλο με το έδαφος). Κάποιος άλλος τώρα (τον ονομάζουμε Β) προσπαθεί να σπρώξει το χέρι του Α προς οριζόντια προσαγωγή πιέζοντας στο ύψος του καρπού. Ο Α αντιστέκεται και τελικά δε γίνεται καμία κίνηση στην άρθρωση του ώμου.

Ακολουθούμε τον ίδιο τρόπο σκέψης και η ανάλυσή μας θα είναι ως εξής:

### • Βήμα 1°

Βρίσκουμε ποια ή ποιες αρθρώσεις κινήθηκαν καθώς και τι κινήσεις έκαναν. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν κινήθηκε καμία άρθρωση.

### • Βήμα 2°

Θα ορίσουμε την αντίσταση, η οποία σε αυτό το παράδειγμα δεν είναι η βαρύτητα αλλά κάποια εξωτερική αντίσταση. Συγκεκριμένα είναι η πίεση που ασκείται στο χέρι του Α από τον Β, (δεν την ονομάζουμε δύναμη για να μην υπάρχει σύγχυση με τη δύναμη που ασκεί ο Α). Η αντίσταση λοιπόν "θέλει" να κινήσει το χέρι (την άρθρωση του ώμου) προς οριζόντια προσαγωγή.

### • Βήμα 3°

Ξέροντας τώρα ότι η αντίσταση είναι προς την οριζόντια προσαγωγή ώμου εύκολα συμπεραίνουμε ότι οι μύες οι οποίοι θα ενεργοποιηθούν είναι οι οριζόντιοι απαγωγείς της άρθρωσης (δηλαδή οι

μύες που κάνουν την αντίθετη κίνηση από αυτή που θέλει να κάνει η αντίσταση).

• **Βήμα 4°**

Με δεδομένα την κατεύθυνση της αντίστασης (οριζόντια προσαγωγή), τους μύες που θα ενεργοποιηθούν (οριζόντιοι απαγωγοί) και το ότι **δεν** έγινε κίνηση στην άρθρωση καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι **οριζόντιοι απαγωγοί της άρθρωσης του ώμου πραγματοποίησαν ισομετρική συστολή**.

**Παρατηρήσεις**

Οι παρακάτω παρατηρήσεις ουσιαστικά υπογραμμίζουν τον τρόπο σκέψης (με τα τέσσερα βήματα) που αναλύθηκε πιο πάνω:

- αν έχει αναγνωριστεί αντίσταση προς κάποια κατεύθυνση, τότε **υποχρεωτικά** θα ενεργοποιηθούν οι αντίθετοι μύες (αν δηλαδή η αντίσταση είναι προς έκταση, τότε θα ενεργοποιηθούν οι καμπήρες μύες),
- αν η κίνηση της άρθρωσης γίνει προς την αντίσταση, τότε έχει πραγματοποιηθεί πλειομετρική συστολή των αντίθετων μυών (δηλαδή αν η αντίσταση είναι προς απαγωγή και στην άρθρωση γίνει απαγωγή, έχουν συσπαστεί οι προσαγωγοί πλειομετρικά),
- αν η κίνηση της άρθρωσης γίνει προς τη δύναμη του μυός τότε έχει πραγματοποιηθεί μειομετρική συστολή των συγκεκριμένων μυών
- αν έχει γίνει π.χ. κάμψη, τότε έχουν συσπαστεί ή οι καμπήρες μειομετρικά ή οι εκτεινόντες πλειομετρικά (αντίστοιχα, αν έχει γίνει προσαγωγή, έχουν συσπαστεί ή οι προσαγωγοί μειομετρικά ή οι απαγωγοί πλειομετρικά κ.ο.κ.)
- αν έχει αναγνωριστεί αντίσταση αλλά όχι κίνηση σε συγκεκριμένη άρθρωση, τότε η συστολή είναι ισομετρική και απομένει να οριστούν οι μύες οι οποίοι έκαναν την ισομετρική συστολή.

Με βάση λοιπόν όλα όσα αναφέρθηκαν για τα είδη των συστολών και μετά την παρουσίαση και ανάλυση όλων των παραδειγμάτων καλό θα είναι να αναλυθούν και άλλες κινήσεις για να εμπεδωθεί η διάκριση των ειδών μυϊκής συστολής. Όλες οι παραπάνω δραστηριότητες μπορούν να γίνουν με χωρισμό των μαθητών σε ομάδες, ατομικά ή σαν σύνολο. Με τον ίδιο τρόπο επίσης μπορούν να ανατεθούν και να αξιολογηθούν διάφορες εργασίες είτε με προετοιμασία στο σπίτι είτε με πραγματοποίησή τους μέσα στην τάξη.

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



## Λειτουργία των μυών σε σχέση με το ερειστικό σύστημα

### Γενικές κατευθύνσεις

Στο εργαστηριακό μέρος αυτής της ενότητας θα παρουσιαστεί η λειτουργία των μυών συνολικά σε μια άρθρωση.

Αρχικά θα εστιαστεί η προσοχή μας σε διάφορες αρθρώσεις και θα δούμε από πόσα ζεύγη μυών "περιστοιχίζονται". Για παράδειγμα η άρθρωση του αγκώνα η οποία εκτελεί κινήσεις σε ένα επίπεδο, διαθέτει ένα ζεύγος μυών. Πιο συγκεκριμένα ο αγκώνας εκτελεί κάμψη και έκταση, οπότε έχει την ομάδα των καμπτήρων μυών και την ομάδα των εκτεινόντων. Αυτές οι μυϊκές ομάδες λοιπόν θα ψηλαφηθούν και θα γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο είναι τοποθετημένες "γύρω" από την άρθρωση έτσι ώστε με τη σύσπασή τους αντίστοιχα να προκαλούν κάμψη και έκταση στην άρθρωση. Το ίδιο μπορεί να γίνει και με άλλες αρθρώσεις οι οποίες εκτελούν πιο πολλές κινήσεις π.χ. ώμος, πηχεοκαρπική κ.λπ.

Σε επόμενο στάδιο του εργαστηριακού μέρους θα παρουσιαστούν οι μύες με βάση το χαρακτηρισμό τους ως πρωταγωνιστές, ανταγωνιστές και στη συνέχεια θα αναλυθεί η κίνηση μιας άρθρωσης βάσει αυτών.

Ας επιλέξουμε την άρθρωση του αγκώνα και την κίνηση της κάμψης για την ανάλυση αυτή. Θα εντοπιστούν πρώτα οι καμπήρες και οι εκτείνοντες μύες της άρθρωσης και στη συνέχεια θα ζητηθεί από κάποιον να εκτελέσει κάμψη (κατά προτίμηση υπό αντίσταση). Θα γίνει εύκολα ορατή η σύσπαση των καμπτήρων μυών (πρωταγωνιστών και βοηθητικών) και η χαλάρωση των εκτεινόντων (ανταγωνιστών). Επίσης μπορεί να γίνει και ψηλάφηση των μυϊκών ομάδων.

Η ίδια διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί και για άλλες αρθρώσεις και μπορεί να γίνει είτε ατομικά είτε με χωρισμό σε ομάδες.

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

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ο μυϊκός ιστός αποτελείται από τα μυϊκά κύτταρα τα οποία ονομάζονται **μυϊκές ίνες**. Η μυϊκή ίνα αποτελεί τη δομική και λειτουργική μονάδα του μυϊκού συστήματος. Πολλές μυϊκές ίνες σχηματίζουν τις μυϊκές δεσμίδες και πολλές **δεσμίδες** σχηματίζουν το μυ. Η μυϊκή ίνα αποτελείται από πολλά **μυοϊνίδια** και τα **μυοϊνίδια** αποτελούνται από πολλά **μυονημάτια**. Τα μυονημάτια είναι δύο ειδών η **ακτίνη** (λεπτά μυονημάτια) και η **μυοσίνη** (παχιά μυονημάτια). Οι μύες είναι όργανα φτιαγμένα από μυϊκό ιστό, ελαστικά και έχουν την ικανότητα συστολής, δηλαδή μπορούν να μικραίνουν ενεργητικά το μήκος τους. Σ' ένα μυ διακρίνουμε τη **γαστέρα**, την **έκφυση** και την **κατάφυση**. Η έκφυση και η κατάφυση με μία λέξη λέγονται **προσφύσεις**.

**Γαστέρα** είναι το μεσαίο τμήμα του μύος το οποίο είναι και το κυρίως συστατικό.

**Έκφυση** είναι το ένα από τα δύο άκρα του μύος το οποίο είναι τοποθετημένο πιο κεντρικά, δηλαδή στο λιγότερο κινητό τμήμα του σκελετού. Πολλοί μύες έχουν πιο πολλές από μία εκφύσεις στο ίδιο ή και σε άλλο οστό.

**Κατάφυση** είναι το άλλο άκρο του μύος, το οποίο είναι τοποθετημένο πιο περιφερικά, δηλαδή στο περισσότερο κινητό τμήμα του σκελετού. Πολλοί μύες έχουν πιο πολλές από μία κατάφυση, στο ίδιο ή και σε άλλο οστό.

Οι μύες μορφολογικά ταξινομούνται σε **μακρούς, βραχείς, πλατείς**.

Γενικά η ονομασία των μυών έχει βασιστεί σε διάφορα στοιχεία τους όπως: **το σχήμα, το μέγεθος, τη θέση, την ενέργεια, τον αριθμό των κεφαλών, τη φορά, τον τρόπο έκφυσης**.

Η επικρατέστερη θεωρία για το μηχανισμό της μυϊκής συστολής είναι αυτή της **ολίσθησης των μυονημάτων**, δηλαδή όταν ο μύς συστέλλεται τα νημάτια της ακτίνης (λεπτά νημάτια) και τα νημάτια της μυοσίνης (παχιά νημάτια) γλιστρούν μεταξύ τους.

Τα είδη μυϊκής συστολής είναι τρία:

**Μειομετρική** συστολή είναι αυτή κατά την οποία ο μύς υπερνικά την αντίσταση, μειώνεται το μήκος του μύος και η άρθρωση κινείται προς την κατεύθυνση της δύναμης (έλξης) του μύος.

**Ισομετρική** συστολή είναι αυτή κατά την οποία ο μύς αναπτύσσει δύναμη ίση με την αντίσταση, το μήκος του παραμένει αμετάβλητο και δε γίνεται κίνηση στην άρθρωση.

**Πλειομετρική** συστολή είναι αυτή κατά την οποία η αντίσταση είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη του μυός, το μήκος του μυός μεγαλώνει και η άρθρωση κινείται προς την κατεύθυνση της αντίστασης.

Κάθε άρθρωση ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας κίνησης που διαθέτει, "περιορίζεται" από μυς ή μυϊκές ομάδες. Δηλαδή, αν εκτελεί κινήσεις σε ένα επίπεδο έχει ένα ζεύγος μυών, οι οποίοι προκαλούν αντίθετες κινήσεις, αν εκτελεί κινήσεις σε δύο επίπεδα έχει δύο ζεύγη μυών κ.ο.κ.

Ένας μυς χαρακτηρίζεται ως **πρωταγωνιστής**, όταν είναι ο βασικός μυς για μια κίνηση. **Βοηθητικός**, όταν βοηθά στη συγκεκριμένη κίνηση. **Ανταγωνιστής**, όταν εκτελεί την αντίθετη κίνηση από τον πρωταγωνιστή. Επίσης ένας μυς μπορεί να χαρακτηριστεί ως **σταθεροποιός**, όταν σταθεροποιεί κάποια οστά για να γίνει καλύτερα μια κίνηση και ως **εξουδετεροποιός**, όταν εξουδετερώνει κάποιες ανεπιθύμητες κινήσεις που ίσως γίνονταν λόγω της συμμετοχής πολλών μυών σε μια κίνηση.

**Πολυαρθρικοί** χαρακτηρίζονται οι μύες οι οποίοι "περνούν" ή "δρουν" σε δύο ή περισσότερες αρθρώσεις.

Η δύναμη που παράγει ένας μυς εξαρτάται από το μήκος του τη στιγμή της συστολής (**μυοκοδυναμική σχέση**).

Ένας μυς παράγει τόσο μεγαλύτερη δύναμη με τη συστολή του, όσο πιο αργά γίνει η συστολή αυτή (**ταχοδυναμική σχέση**).



**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Τι γνωρίζετε για τις μυϊκές ίνες;
2. Ποια είναι η οργάνωση ενός μυός μέχρι το επίπεδο των μυονηματίων;
3. Ποια είναι τα μέρη του μυός και τι γνωρίζετε για το καθένα;
4. Πώς παίρνουν το όνομά τους οι μύες. Δώστε παραδείγματα;
5. Τι ξέρετε για τα τρία είδη των συστολών;
6. Τι εννοούμε χαρακτηρίζοντας ένα μυ ως πρωταγωνιστή, βοηθητικό, ανταγωνιστή, σταθεροποιό, εξουδετεροποιό;
7. Τι ξέρετε για τους πολυαρθρικούς μυς;
8. Τι ξέρετε για τη μηκοδυναμική και ταχοδυναμική σχέση των μυών;