

ΜΥΟΛΟΓΙΑ

Το σύνολο των μυών του σώματος αποτελεί το μυϊκό σύστημα, του οποίου ο βασικότερος ιστός είναι ο μυϊκός. Χαρακτηριστική ιδιότητα των κυττάρων του μυϊκού ιστού (μυϊκές ίνες) είναι η ικανότητα συστολής. Υπάρχουν τρία είδη μυϊκού ιστού που χαρακτηρίζονται από ιδιαιτερότητες στη δομή και στη λειτουργία των κυττάρων από τα οποία αποτελούνται.

Ο **σκελετικός μυϊκός ιστός** συναντάται στους σκελετικούς μυς και αποτελείται από σχετικά μακριές κυλινδρικές μυϊκές ίνες, που φέρουν γραμμώσεις. Η συστολή τους γίνεται με τη θέλησή μας.

Ο **καρδιακός μυϊκός ιστός** βρίσκεται μόνο στα τοιχώματα της καρδιάς. Οι μυϊκές ίνες του είναι κυλινδρικές, έχουν γραμμώσεις, αλλά δεν υπακούουν στη θέλησή μας.

Ο **λείος μυϊκός ιστός** επενδύει κυρίως τοιχώματα όπως των αγγείων και του γαστρεντερικού σωλήνα. Αποτελείται από ατρακτοειδείς μυϊκές ίνες χωρίς γραμμώσεις, που δεν υπακούουν στη θέλησή μας. Το μυϊκό σύστημα περιλαμβάνει τους σκελετικούς μυς, οι οποίοι ελέγχονται από τη θέλησή μας.

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

1. Οι γραμμωτοί ή σκελετικοί μύες είναι πολυάριθμοι και ανεξάρτητοι. Προσφύονται στα οστά και τα κινούν στις αρθρώσεις, γι' αυτό και λέγονται σκελετικοί μύες. Σε κάθε μυ διακρίνουμε τις προσφύσεις του: την **έκφυση** και την **κατάφυση** και μεταξύ τους ένα κεντρικό τμήμα που λέγεται **γαστέρα του μυός**. Οι προσφύσεις των μυών, οι οποίες ειδικότερα στους μακρούς μύες βρίσκονται στα δύο άκρα τους, αποτελούν τους **τένοντες** του μυός. Οι τένοντες **δεν περιέχουν μυϊκές ίνες**, αποτελούνται από συνδετικό ιστό και συνδέουν τους μύες με τα οστά. Οι σκελετικοί μύες διακρίνονται σε:

- μακρούς,
- βραχείς,
- πλατείς,
- σφιγκτήρες

Οι γραμμωτοί προσφύονται :

- με συνδετικές στέρεες ίνες, οι οποίες είναι η συνέχεια των μυϊκών ινών και όλες μαζί λέγονται τένων,
- με συνδετικές ίνες, οι οποίες σχηματίζουν ένα είδος τένοντα, που είναι πλατύς και λέγεται απονεύρωση προσφύσεως,
- με μυϊκές ίνες απευθείας.

2. Οι λείοι μύες αποτελούν το μυϊκό χιτώνα του τοιχώματος των κοίλων σπλάγγων και το μυϊκό χιτώνα των αγγείων. Ανεξάρτητοι λείοι μύες βρίσκονται στο βολβό του οφθαλμού (σφιγκτήρας και διαστολέας της κόρης, ακτινωτός μυς) και στο δέρμα (ορθωτήρες μύες των τριχών).

Με τη σύσπαση των λείων μυϊκών ινών το περιεχόμενο των κοίλων σπλάγγων αναμειγνύεται και προωθείται (περισταλισμός του πεπτικού σωλήνα). Στα κοίλα όργανα, όπως η ουροδόχος κύστη και η μήτρα, στα οποία το περιεχόμενο παραμένει και εξωθείται κατά χρονικά διαστήματα, η σύσπαση των λείων μυϊκών ινών είναι πιο αργή και παρατεταμένη και συντελεί στην εξώθηση του περιεχομένου. Στα αγγεία, οι λείες μυϊκές ίνες είναι τοποθετημένες κυκλικά στα τοιχώματά τους και ρυθμίζουν το εύρος του αυλού των αγγείων.

Η μυϊκή συστολή

Η κίνηση πετυχαίνεται με τη συστολή των μυϊκών ινών, η οποία ελαττώνει το μήκος του μυός και έτσι ο μυς τραβά το οστό στο οποίο προσφύεται.

Μυϊκός τόνος και ενέργεια των μυών

Κάθε μυς, ακόμα και σε κατάσταση ανάπαυσης του οργανισμού, βρίσκεται σε διαρκή μικρής έντασης συστολή που ονομάζεται **μυϊκός τόνος**.

Γενικά οι μύες προκειμένου να επιτελέσουν μια συγκεκριμένη κίνηση συνεργάζονται κατά ζεύγη.

- 1) Ο **κύριος μυς** είναι εκείνος από τον οποίο εξαρτάται η συγκεκριμένη κίνηση, όπως π.χ. ο τετρακέφαλος μηριαίος για την κίνηση της έκτασης της κνήμης.
- 2) Ο **ανταγωνιστής μυς** είναι εκείνος ο οποίος ενεργεί αντίθετα προς τη συγκεκριμένη κίνηση, όπως π.χ. ο δικέφαλος μηριαίος που ανταγωνίζεται τη δράση του τετρακέφαλου μηριαίου στην έκταση της κνήμης

A. Οι **μύες του κορμού** διαιρούνται σε :

- Οι μύες της **πρόσθιας επιφάνειας του κορμού** διακρίνονται:
 - 1) στους **μύες της κεφαλής** (δερματικούς ή μιμικούς και μασητήριους).
 - 2) στους **μύες του τραχήλου** (προσθιοπλάγιους, πρόσθιους, πλάγιους και οπίσθιους). Σημειώνεται ότι ο **λαιμός** του ανθρώπινου σώματος υποδιαιρείται στον **τράχηλο** μπροστά και στον **αυχένα** πίσω. Ο κυριότερος μυς του τραχήλου είναι ο στερνοκλειδομαστοειδής που στρέφει την κεφαλή προς την αντίθετη πλευρά.
 - 3) στους **μύες του θώρακα**, οι οποίοι διακρίνονται σε **αυτόχθονες** και **ετερόχθονες**. Σ' αυτούς περιλαμβάνεται το **διάφραγμα** το οποίο είναι ένας πλατύς θολωτός μυς που χωρίζει την κοιλότητα του θώρακα από την κοιλότητα της κοιλιάς. Οι **μεσοπλεύριοι μύες** βρίσκονται ανάμεσα στις πλευρές και λειτουργούν ως αναπνευστικοί μύες.
 - 4) στους **μύες της κοιλιάς**, οι οποίοι διακρίνονται σε πλάγιους, πρόσθιους και οπίσθιους. Η ενέργεια των κοιλιακών μυών είναι σημαντική καθώς αυτοί προφυλάσσουν τα κοιλιακά σπλάγχνα.
- Οι μύες της **οπίσθιας επιφάνειας του κορμού** :
 - 1) **τραπεζοειδής**,
 - 2) **ο πλατύς ραχιαίος** και
 - 3) **ο ορθωτήρας μυς του κορμού**.Αυτοί οι μύες συντελούν στην όρθια στάση του κορμού και συμβάλλουν στις πλάγιες κινήσεις και στη στροφή της σπονδυλικής στήλης.

B. Οι **μύες των άκρων** διαιρούνται σε :

Οι **μύες των άνω άκρων** διαιρούνται:

- 1) στους μύες της ωμικής ζώνης
- 2) στους μύες του βραχίονα
- 3) στους μύες του πήχη
- 4) στους μύες του χεριού

Οι **μύες των κάτω άκρων** διαιρούνται:

- 1) στους μύες της πυέλου (έσω και έξω μύες της πυέλου)
- 2) στους μύες του μηρού
- 3) στους μύες της κνήμης
- 4) στους μύες του ποδιού

Διαχωρισμός των μυών

- Οι μύες όπως οι νευρώνες μπορεί να διεγερθούν: 1) **χημικά**, 2) **ηλεκτρικά**, 3) **μηχανικά** και να δημιουργήσουν **ένα δυναμικό** που μεταδίδεται κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης τους.
- Αντίθετα με τους νευρώνες έχουν **ένα συσπαστικό** μηχανισμό που διεγείρεται από το δυναμικό ενέργειας.
- Οι συσπαστικές πρωτεΐνες **ακτίνη και μυοσίνη** βρίσκονται **άφθονες** στους μύες. Αυτές ωστόσο βρίσκονται σε όλα τα κύτταρα. Η **μυοσίνη** είναι **μοριακός κινητής** (molecular motor) που μετατρέπει την ενέργεια της υδρόλυσης της ATP σε κίνηση από ένα κυτταρικό στοιχείο στο άλλο.
- Οι μύες γενικά χωρίζονται σε 3 τύπους: 1) **σκελετικοί**, 2) **καρδιακοί**, 3) **λείοι**, παρότι οι λείοι δεν είναι γενικά μια ομοιογενής κατηγορία.

Κατηγορίες μυών

- **Ο σκελετικός τύπος μύος φτιάχνει την μεγάλη μάζα** της σωματικής μυϊκής κατηγορίας. **Ο σκελετικός τύπος** μύος έχει καλώς ανεπτυγμένες γραμμώσεις, δεν συσπάται χωρίς **νευρική** συμβολή, δεν έχει ανατομικές και λειτουργικές συνενώσεις μεταξύ των ιδιαίτερων μυϊκών ινιδίων και βρίσκεται κάτω από τον έλεγχο της **βούλησης**.
- **Ο καρδιακός μύς** έχει κι αυτός γραμμώσεις, αλλά λειτουργικά είναι **συγκύτιο** και συστέλλεται τη απουσία εξωτερικής νεύρωσης γιατί στο μυοκάρδιο υπάρχουν **ηλεκτρικά** κύτταρα (βηματοδότες / pacemakers) που πυροδοτούν αυθόρμητα.
- **Ο λείος μύς** δεν έχει γραμμώσεις. Αυτός ο τύπος μύος βρίσκεται στα περισσότερα κοίλα σπλάχνα, είναι λειτουργικά συγκύτιο και περιέχει βηματοδότες που πυροδοτούν ακανόνιστα. Ο τύπος μύος που βρίσκεται στο μάτι δεν δρα αυτόνομα και μοιάζει με τον σκελετικό.

Σκελετικός μύς

- **Ο σκελετικός μύς** φτιάχνεται από **μυϊκές ίνες** που είναι οι δομικοί λίθοι του μυϊκού συστήματος όπως οι νευρώνες για το νευρικό σύστημα. Οι περισσότεροι σκελετικοί μύες αρχίζουν και τελειώνουν σε **τένοντες** και οι μυϊκές ίνες διατίθενται παράλληλα με τα τενόντια άκρα ώστε οι δυνάμεις συστολής να επιπροστίθενται. **Κάθε μυϊκή ίνα είναι ένα μοναχικό κύτταρο, πολυπήρνο, μακρύ, κυλινδρικό** και περιβάλλεται από κυτταρική μεμβράνη **το σαρκόλειμμα**. **Δεν υπάρχουν συγκυτιακές** γέφυρες μεταξύ των κυττάρων. Οι μυϊκές ίνες είναι φτιαγμένες από **μυοϊνίδια** που διαιρούνται σε ιδιαίτερα νημάτια. Τα νημάτια είναι φτιαγμένα από πρωτεΐνες συσταλτικές.

Πρωτεΐνες σκελετικών μυών

- Ο συσταλτικός μηχανισμός στο γραμμωτό μυ εξαρτάται από τις πρωτεΐνες **ακτίνη** (MW: 43.000), **μυοσίνη** (MW: 460.000), **τροπομυοσίνη** (MW: 70.000) και **τροπονίνη** (MW: 18.000-35.000).
- Η τροπονίνη έχει 3 υπομονάδες (τροπονίνη I, τροπονίνη T, τροπονίνη C). Οι 3 υπομονάδες έχουν MW (18.000-35.000).
- Μία άλλη πρωτεΐνη, η **α-ακτίνη** (MW: 190.000) δεσμεύει την ακτίνη στις 2 ζώνες (γραμμές) και **άλλες πρωτεΐνες** παίζουν ρόλο στο να συνδέουν την διέγερση στην συστολή.
- Η **μυοσίνη** είναι μια πολύπλοκη πρωτεΐνη **που δεσμεύει ακτίνη**. Ο τύπος μυοσίνης στους μύς είναι η **μυοσίνη II με 2 στρογγυλές** κεφαλές και μακριά ουρά. Η μυοσίνη II βρίσκεται και σε άλλα κύτταρα μαζί με την μονοκέφαλη μυοσίνη I. Η μυοσίνη II φτιάχνεται από **2 βαριές αλύσους** και **4 ελαφρές αλύσους** (2 που παίρνουν P και 2 αλκαλικές ελαφρές

άλυσους). Οι ελαφρές αλυσοί και τα N-τελικά των βαρέων αλύσεων συνενώνονται και φτιάχνουν τις στρογγυλές **κεφαλές**. Αυτές οι κεφαλές περιέχουν **μία θέση δεσμευτική της (A) ακτίνης και μία (B) καταλυτική θέση** που υδρολύει την **ATP**. Τα μόρια διατίθενται έτσι ώστε οι κεφαλές της μυοσίνης να δημιουργούν **γέφυρες** με τα μόρια της ακτίνης.

- Τα μόρια της μυοσίνης διατίθενται συμμετρικά σε κάθε μεριά από το κέντρο του σαρκομερίου κι αυτή η τοποθέτηση είναι που φτιάχνει τις ψευδο Η ζώνες.
- Η Μ ζώνη οφείλεται σε μία κεντρική διόγκωση σε κάθε χοντρό νημάτιο. Σε αυτό το σημείο υπάρχουν λεπτότερες τοποθετήσεις που κρατούν τα χονδρά νημάτια σε τοποθέτηση - σειρά - (array). Σε αυτό το μέρος υπάρχουν λεπτότερες διασυνδέσεις που κρατούν τα παχιά νημάτια σε διάταξη. Υπάρχουν αρκετές εκατοντάδες σε διάταξη. Υπάρχουν αρκετές εκατοντάδες μόρια μυοσίνης σε κάθε παχύ νημάτιο.

Τροπομυοσίνη

- Τα **λεπτά** νημάτια έχουν 2 αλυσούς από σφαιρικές μονάδες που φτιάχνουν μια μακριά διπλή έλικα (ακτίνης μόρια).
- Τα μόρια της **τροπομυοσίνης** είναι μακριά ινίδια που βρίσκονται στην αύλακα μεταξύ των 2 αλύσεων της ακτίνης. Κάθε λεπτό νημάτιο περιέχει 300-400 μόρια ακτίνης και 40-60 μόρια τροπομυοσίνης.

Τροπονίνη

- Τα μόρια της **τροπονίνης** είναι μικρές στρογγυλές μονάδες που διευθετούνται κατά μήκος των μορίων της τροπομυοσίνης.
- Η τροπονίνη **T** δεσμεύει το άλλο κομμάτι της τροπονίνης με την τροπομυοσίνη, η τροπονίνη **I** εμποδίζει την δράση μυοσίνης και ακτίνης και η τροπονίνη **C** περιέχει δεσμευτικές θέσεις για το Ca^{++} που αρχίζει την συστολή.

Η μυϊκή συστολή

Η κίνηση πετυχαίνεται με τη συστολή των μυϊκών ινών, η οποία ελαττώνει το μήκος του μυός και έτσι ο μυς τραβά το οστό στο οποίο προσφύεται. Η μυϊκή συστολή γίνεται χάρη σ' έναν πολύπλοκο μηχανισμό με τον οποίο, σε κάθε σαρκομέριο, τα νημάτια μυοσίνης έλκουν τα νημάτια ακτίνης με αποτέλεσμα να αλληλοκαλύπτονται σε όλο τους το μήκος, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.11. Με το μηχανισμό αυτό ελαττώνεται το μήκος του σαρκομερίου και κατά συνέπεια ολόκληρης της μυϊκής ίνας. Για να γίνει αυτή η διολίσθηση των νηματίων ακτίνης και μυοσίνης, χρειάζεται την παρουσία ιόντων ασβεστίου. Τα ιόντα ασβεστίου είναι αποθηκευμένα στο σαρκοπλασματικό δίκτυο της μυϊκής ίνας και απελευθερώνονται από αυτό κάθε φορά που στη μυϊκή ίνα φθάνει το κατάλληλο νευρικό ερέθισμα. Η ενέργεια που χρειάζεται για την έλξη των νηματίων ακτίνης και μυοσίνης προέρχεται από τη διάσπαση της τριφωσφορικής αδενοσίνης ATP σε διφωσφορική αδενοσίνη ADP.

Μυϊκός τόνος και ενέργεια των μυών

Κάθε μυς, ακόμα και σε κατάσταση ανάπαυσης του οργανισμού, βρίσκεται σε διαρκή μικρής έντασης συστολή που ονομάζεται **μυϊκός τόνος**. Για την αποφυγή της κόπωσης των μυϊκών ινών συστέλλονται διαδοχικά διαφορετικές κάθε φορά ομάδες μυϊκών ινών.

Όλες οι κινήσεις είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας στη δράση περισσότερων από έναν μυών. Η συνεργασία αυτή εξασφαλίζει την αρμονική κίνηση του σώματος. Γενικά οι μύες προκειμένου να επιτελέσουν μια συγκεκριμένη κίνηση συνεργάζονται κατά ζεύγη.

1) Ο **κύριος μυς** είναι εκείνος από τον οποίο εξαρτάται η συγκεκριμένη κίνηση, όπως π.χ. ο τετρακέφαλος μηριαίος για την κίνηση της έκτασης της κνήμης.

2) Ο **ανταγωνιστής μυς** είναι εκείνος ο οποίος ενεργεί αντίθετα προς τη συγκεκριμένη κίνηση, όπως π.χ. ο δικέφαλος μηριαίος που ανταγωνίζεται τη δράση του τετρακέφαλου μηριαίου στην έκταση της κνήμης. Επομένως πριν από τη συστολή του κύριου μυός πρέπει να χαλαρώσει ο ανταγωνιστής.

Ο ίδιος μυς μπορεί να είναι άλλοτε ο κύριος και άλλοτε ο ανταγωνιστής, ανάλογα με το είδος της κίνησης που θα γίνει κάθε φορά. Για παράδειγμα, για να γίνει η κάμψη του πήχη πρέπει να συσταλεί ο δικέφαλος βραχιόνιος (κύριος μυς) και να χαλαρώσει ο τρικέφαλος (ανταγωνιστής μυς), ενώ για να γίνει η έκταση του πήχη πρέπει να χαλαρώσει ο δικέφαλος βραχιόνιος (ανταγωνιστής μυς) και να συσταλεί ο τρικέφαλος (κύριος μυς).