

Δομή και Λειτουργία του Μυϊκού, Νευρικού και Σκελετικού Συστήματος

Jared W. Coburn, PhD, και Moh H. Malek, PhD

Αφού ολοκληρώσετε αυτό το κεφάλαιο, θα είστε σε θέση να:

- περιγράψετε την δομή και λειτουργία των σκελετικών μυών,
- απαριθμήσετε και να εξηγήσετε τα βήματα της θεωρίας του διολισθαίνοντος νηματίου στη μυϊκή συστολή,
- εξηγήσετε την θεωρία των διαφορετικών τύπων μυϊκών ινών και πώς αυτοί επηρεάζουν την αθλητική απόδοση,
- περιγράψετε την δομή και λειτουργία του νευρικού συστήματος και πώς αυτή σχετίζεται με τον έλεγχο των σκελετικών μυών και
- εξηγήσετε τον ρόλο της αθλητικής δραστηριότητας στην υγεία των οστών καθώς και την λειτουργία των τενόντων και συνδέσμων κατά την σωματική δραστηριότητα.

Η σωματική δραστηριότητα επιτυγχάνεται μέσω της συνδυασμένης και συντονισμένης αλληλεπίδρασης του μυϊκού, νευρικού και σκελετικού συστήματος. Τα νεύρα είναι υπεύθυνα για την έναρξη και τροποποίηση της ενεργοποίησης των μυών. Οι μύες επιφέρουν κίνηση μέσω της παραγωγής δυνάμεων για την περιστροφή των οστών γύρω από τις αρθρώσεις. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η βασική δομή και λειτουργία των συστημάτων αυτών και πώς αυτές επηρεάζουν την προσωπική εκγύμναση (personal training).

ΤΟ ΜΥΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Όταν ενεργοποιηθούν, οι μύες παράγουν δύναμη. Αυτό ονομάζεται μυϊκή συστολή ή μυϊκή δράση. Από τους τρεις τύπους μυών –λείοι, καρδιακοί και σκελε-

τικοί– ο τρίτος είναι αυτός που προσφύεται στα οστά και κατευθύνει την κίνησή τους γύρω από τους συνδέσμους. Αυτή η λειτουργία των σκελετικών μυών μας επιτρέπει να τρέχουμε, να πηδάμε, να σηκώνουμε και να πετάμε αντικείμενα. Η λειτουργία των μυών καθορίζεται από την δομή τους.

Μακροδομή των Σκελετικών Μυών

Το σύστημα των σκελετικών μυών απεικονίζεται στο σχήμα 1.1 (15). Κάθε σκελετικός μυς (π.χ. δελτοειδής, μείζων θωρακικός, γαστροκνήμιος) περιβάλλεται από μία στρώση συνδετικού ιστού που ονομάζεται επιμύτιο. Ο κάθε μυς διαχωρίζεται περαιτέρω σε δεσμίδες μυϊκών ινών οι οποίες ονομάζονται δέσμες ή δεμάτια. Κάθε δέσμη περιβάλλεται από συνδετικό ιστό που

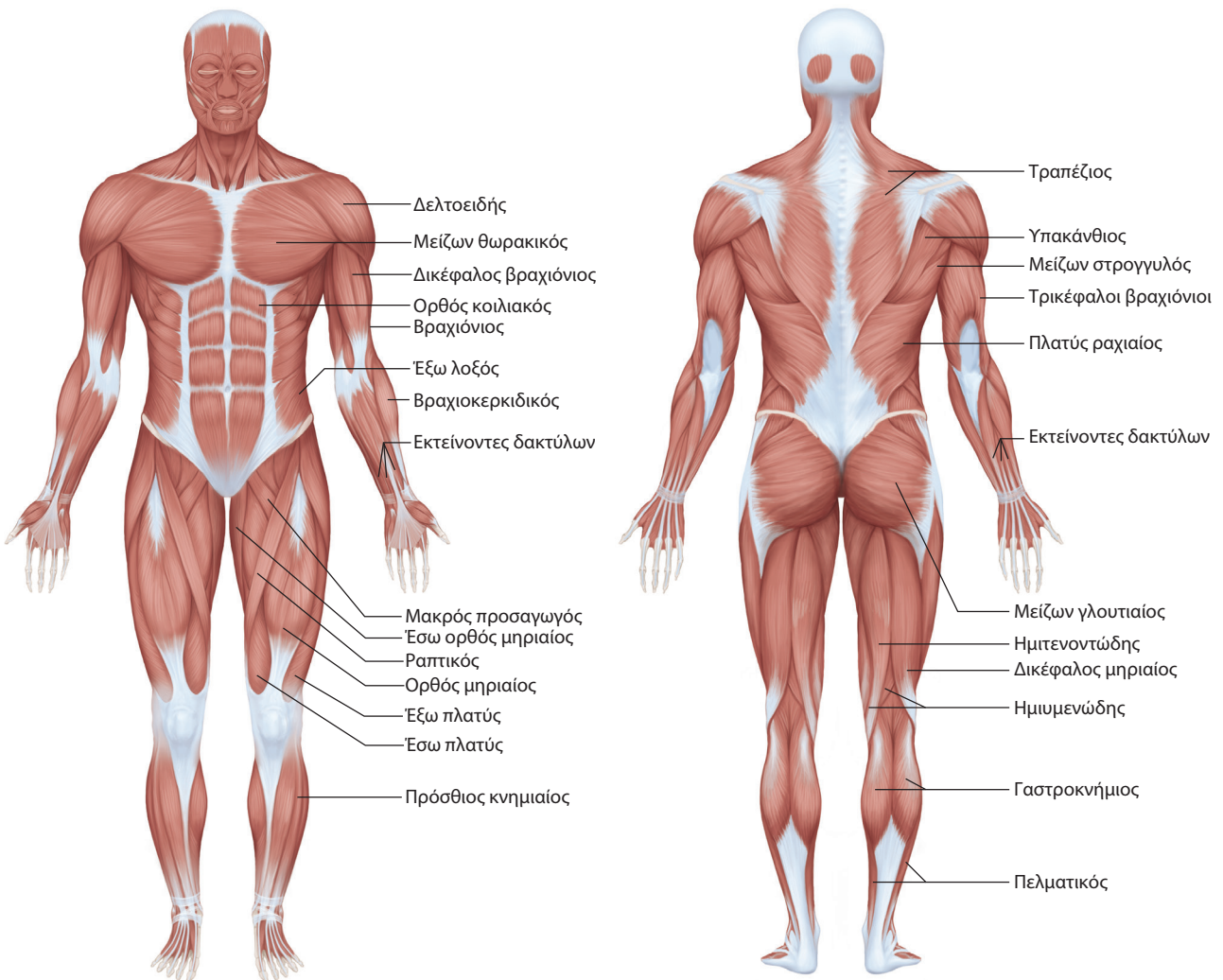
ονομάζεται περιμύιο. Εντός μίας δέσμης, κάθε μυϊκή ίνα περιβάλλεται και διαχωρίζεται από τις γειτονικές μυϊκές ίνες από μία στρώση συνδετικού ιστού που ονομάζεται ενδομύιο. Από κοινού, αυτοί οι συνδετικοί ιστοί συμβάλλουν στην μετάδοση των δυνάμεων της μυϊκής δράσης στο οστό μέσω μίας άλλης δομής συνδετικού ιστού, του τένοντα. Το σχήμα 1.2 απεικονίζει αυτές τις δομές συνδετικών ιστών και την σχέση τους με τους μύες (15).

Μικροσκοπική Ανατομία των Σκελετικών Μυών

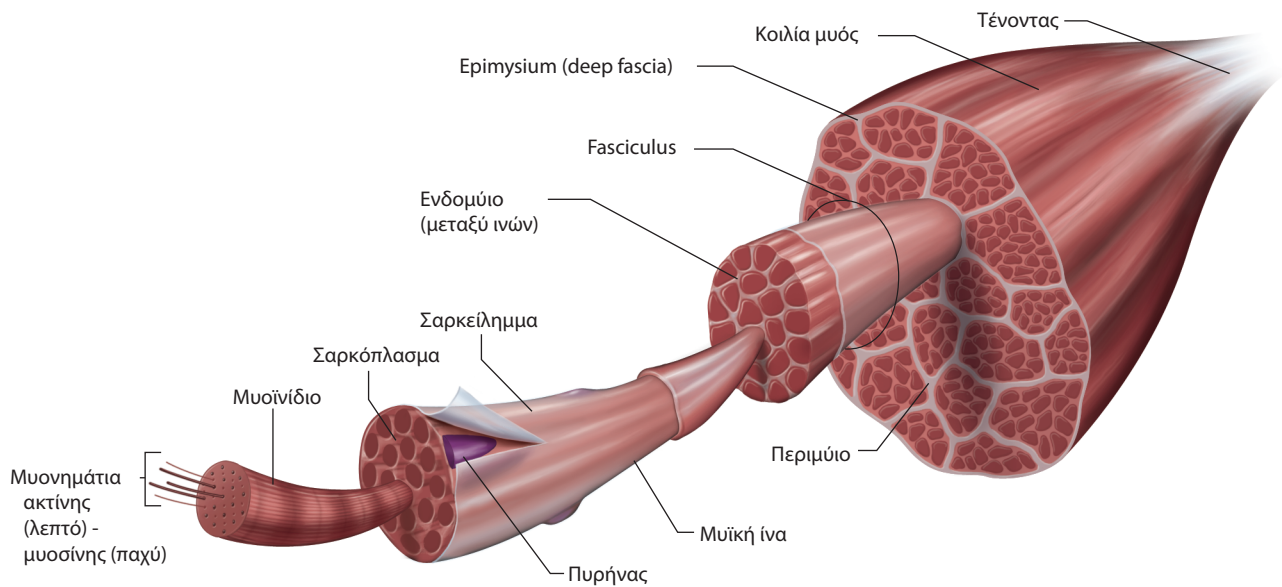
Κάθε μυϊκή ίνα είναι ένα κύτταρο, το οποίο έχει πολλά κοινά δομικά στοιχεία με άλλα κύτταρα (σχήμα 1.3, 15). Για παράδειγμα, κάθε μυϊκή ίνα περιβάλλεται

από μία κυτταρική μεμβράνη που ονομάζεται σαρκείλημα. Το σαρκείλημα περικλείει το κύτταρο, ελέγχει την διακίνηση ουσιών όπως η γλυκόζη από και προς το κύτταρο ενώ επίσης λαμβάνει και αποστέλλει ερεθίσματα με την μορφή ηλεκτρικών παλμών ή δυναμικού ενέργειας. Τα κύτταρα των σκελετικών μυών είναι πολυπύρηννα, έχουν δηλαδή άνω του ενός πυρήνα. Οι πυρήνες εμπεριέχουν το γενετικό υλικό, το DNA, του κυττάρου, και είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνοι για την έναρξη των διαδικασιών που σχετίζονται με τις βιολογικές προσαρμογές στην άσκηση. Οι προσαρμογές στην προπόνηση αντιστάσεων και την αεροβική προπόνηση αντοχής αναλύονται στα κεφάλαια 5 και 6 αντίστοιχα.

Εντός των ορίων του σαρκείληματος αλλά εκτός του πυρήνα βρίσκεται το κυτταρόπλασμα, το οποίο στους μύες ονομάζεται σαρκόπλασμα. Αυτό το υδά-



ΣΧΗΜΑ 1.1 (α) Πρόσθια και (β) οπίσθια όψη της σκελετικής δομής ενός ενήλικου άρρενος.

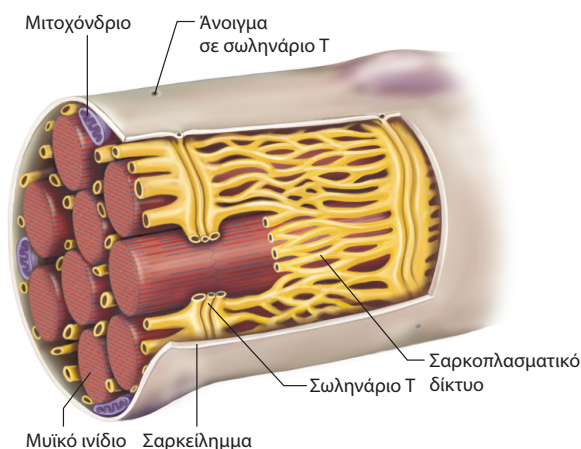


ΣΧΗΜΑ 1.2 Η μακροδομή των σκελετικών μυών. Ολόκληρος ο μύς, η δέσμη και οι ξεχωριστές μυϊκές ίνες περιβάλλονται από τους αντίστοιχους συνδετικούς ιστούς επιμύιο, περιμύιο και ενδομύιο.

τινο διάλυμα περιέχει τις πηγές ενέργειας του κυττάρου, όπως η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) (η μοναδική άμεση πηγή ενέργειας για μυϊκή δράση), η φωσφοκρεατίνη, το γλυκογόνο και τα λιπίδια. Μέσα στο σαρκόπλασμα βρίσκονται επίσης οργανίδια τα οποία περιλαμβάνουν τα μιτοχόνδρια, όπου και παράγεται η ATP για αερόβια άσκηση και συνεπώς είναι οργανίδια μεγάλης σημασίας για την απόδοση στην αερόβια άσκηση. Ένα άλλο σημαντικό οργανίδιο είναι το σαρκοπλασματικό δίκτυο, το οποίο αποθηκεύει ασβέστιο και ρυθμίζει την διαδικασία μυϊκής δρά-

σης μεταβάλλοντας την ενδοκυτταρική συγκέντρωση ασβεστίου. Ειδικότερα, το σαρκοπλασματικό δίκτυο απελευθερώνει ασβέστιο μέσα στο σαρκόπλασμα του κυττάρου όταν ένα δυναμικό ενέργειας εισέρχεται στο εσωτερικό του κυττάρου μέσω δομών που ονομάζονται εγκάρσια σωληνάρια ή σωληνάρια T (T-tubules). Τα σωληνάρια T είναι κανάλια σχηματιζόμενα από οπές στο σαρκείλημμα του μυϊκού κυττάρου.

Οι ίνες των σκελετικών μυών (κύτταρα) παράγουν την δύναμη που επιτρέπει την διενέργεια των κινήσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται στην άθληση και τις καθημερινές δραστηριότητες.



ΣΧΗΜΑ 1.3 Ανατομία μυϊκής ίνας

Μυϊκό ινίδιο

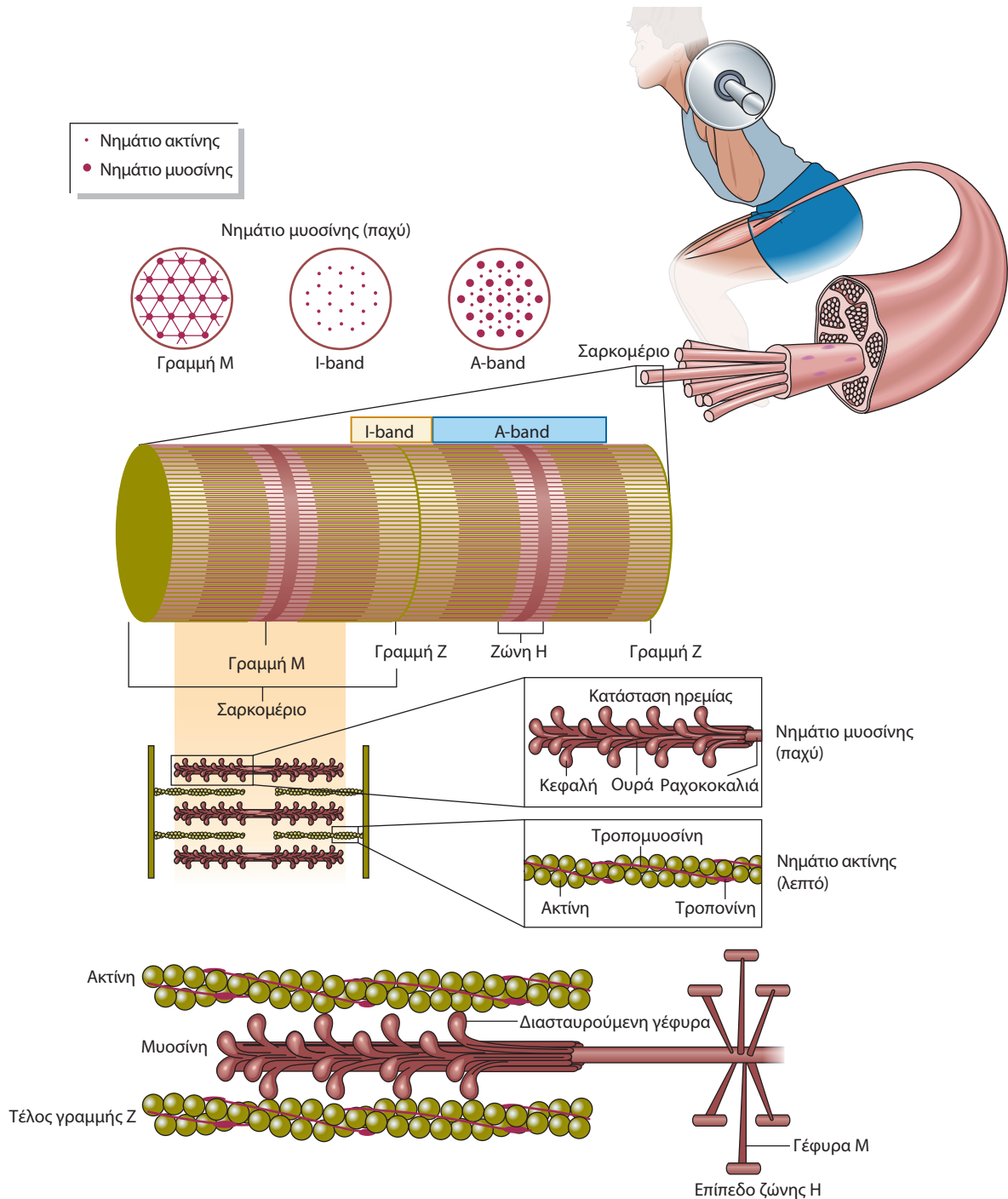
Κάθε μυϊκό κύτταρο περιέχει διατάξεις πρωτεϊνών σε στήλες κατά μήκος της μυϊκής ίνας. Οι δομές αυτές ονομάζονται μυϊκά ινίδια (σχήμα 1.4, 15). Κάθε μυϊκό ινίδιο είναι μία δέσμη μυονημάτων, αποτελούμενη κατά κύριο λόγο από νημάτια μυοσίνης (παχέα) και νημάτια ακτίνης (λεπτά). Τα νημάτια μυοσίνης και ακτίνης είναι τακτικά κατανεμημένα κατά μήκος του μυϊκού ινιδίου, προσδίδοντάς του έτσι ένα γραμμωτό πρότυπο.

Τα νημάτια μυοσίνης σχηματίζονται από την σύζευξη μορίων μυοσίνης. Κάθε μόριο μυοσίνης αποτελείται από την κεφαλή, τον λαιμό και την ουρά. Η

κεφαλή δύναται να προσδεθεί στο νηματίο ακτίνης και να το τραβήξει. Η ενέργεια από την διάσπαση, ή την υδρόλυση, της ATP χρησιμοποιείται για την φάση σύσφιξης, ένα σημαντικό βήμα στην διαδικασία της ενεργοποίησης των μυών. Η δομή του λαϊμού συνδέει την κεφαλή με την ουρά. Το μέσο μέρος του νηματίου μυοσίνης διαμορφώνεται σε σχήμα ουρά-προς-ουρά

ούτως ώστε οι κεφαλές να προβάλλουν προς τα έξω από τα άκρα του νηματίου (σχήμα 1.4). Η πρωτεΐνη τιτίνη διατηρεί την θέση του νηματίου μυοσίνης σε σχέση με αυτήν της ακτίνης.

Κάθε νηματίο ακτίνης αποτελείται από ξεχωριστές, σφαιρικές πρωτεΐνες ή G-ακτίνες (σχήμα 1.4). Κάθε G-ακτίνη έχει μία θέση δέσμευσης για μία



ΣΧΗΜΑ 1.4 Η δομική διάταξη των νηματίων ακτίνης και μυοσίνης εντός του σαρκομερίου, της βασικής λειτουργικής μονάδας των σκελετικών μυών.