

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α΄

# ΜΥΪΚΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ – ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ, ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ, ΔΟΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΥΩΝ



**Η** σύσπαση που πραγματοποιεί ένας μυς προκειμένου να παράξει έργο εξαρτάται από τη λειτουργική τοποθέτησή του στο ανθρώπινο σώμα. Με τον όρο «λειτουργική τοποθέτηση» αναφερόμαστε στις φυσιολογικές, δομικές και εμβιομηχανικές ιδιότητες του ιστού, καθώς και στις ιδιαιτερότητες του μύος καθεαυτού.

Στα *φυσιολογικά χαρακτηριστικά* του μυϊκού ιστού ανήκουν:

- Η **διεγερσιμότητα**, δηλαδή η ικανότητα σύσπασης του μύος, όταν δέχεται κάποιο ερέθισμα
- Η **συσταλτικότητα**, δηλαδή η ικανότητά του να μειώνει το μήκος του
- Η **διατασιμότητα**, που αναφέρεται στην επιμήκυνση του μύος, όταν του ασκείται έλξη
- Η **ελαστικότητα**, αφού ο μυς τείνει να επιστρέψει στο αρχικό σχήμα και μήκος μετά από μια συστολή ή διαστολή.

Οι **δομικές ιδιότητες** των μυών σχετίζονται με τα ανατομικά χαρακτηριστικά τους. Η ιεραρχία συνίσταται αρχικά από τον μυ, στη συνέχεια από την κινητική μονάδα, τη μυϊκή ίνα, τα μυοϊνίδια και τα νημάτια ακτίνης-μυοσίνης.

Οι **εμβιομηχανικές ιδιότητες** ενός μύος εξαρτώνται από την ανατομική τοποθέτησή του επί των οστών. Το σημείο έκφυσης και κατάφυσης του μύος καθορίζει το μήκος του και αποτελεί σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό των δυνάμεων που ασκούνται. Άλλα καθοριστικά στοιχεία αφορούν τις παραμέτρους της φυσικής μηχανικής και πώς αυτή εκφράζεται κατά τη διάρκεια και μέσω της κίνησης. Αλληλένδετα, σημαντικό ρόλο στη συνολική κινητική συμπεριφορά του μύος παίζουν οι τένοντες μέσω των οποίων πραγματοποιείται η σύνδεση με τα οστά. Οι περιτονίες, τέλος, προσδιορίζουν το μέγεθος της μυϊκής γαστέρας και της συνοχής του μύος στο σύνολό του.

### ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΜΥΟΣ/ΜΥΪΚΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά διαφοροποιούνται σε επίπεδο ανατομίας και φυσιολογίας για κάθε μυ, δίνοντάς του λειτουργικές ικανότητες ανάλογα με τον ρόλο που υπηρετεί.

Έτσι, κάθε μυς στο ανθρώπινο σώμα είναι όμοιος με τον ετερόπλευρό του, αλλά διαφορετικός από κάθε άλλο μυ.

Για παράδειγμα, ο Τετρακέφαλος μηριαίος μυς αποτελείται ανατομικά από μεγάλο αριθμό ινών βραδείας συστολής (τύπου I), αφού ο ρόλος του σε μια μαζική κινητική έκφραση είναι να σηκώνει μεγάλα φορτία. Σε περιπτώσεις τραυματισμών ή βλαβών του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος τείνει να ατροφεί. Ταυτόχρονα, άλλοι μύες που έχουν κυρίως δράση ενάντια στη βαρύτητα, όπως είναι ο Γαστροκνήμιος, αποτελούνται επί το πλείστον από ταχείας συστολής μυϊκές ίνες (τύπου Ια & β), γιατί λόγω της λειτουργίας τους απαιτείται να έχουν πιο άμεσες κινητικές αποκρίσεις.

Τις παρατηρήσεις αυτές εντόπισε για πρώτη φορά ο Janda (1987) και διαχώρισε τους μυς σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την εξελικτική τους ανάπτυξη (φυλογένεση): στους **τονικούς** και **φασικούς** μυς (Πίν. 1).

Το **τονικό** σύστημα αποτελείται από τους “καμπτήρες” και είναι φυλογενετικά παλαιότερο και κυρίαρχο. Αυτοί οι μύες συμμετέχουν σε επαναλαμβανόμενη ρυθμική δραστηριότητα (Uphred, 2001) και ενεργοποιούν καμπτικές συνέργιες. Το **φασικό** σύστημα αποτελείται από τους “εκτείνοντες” και προκύπτει αμέσως μετά τη γέννηση. Αυτοί οι μύες δρουν έκκεντρα, ενάντια στη δύναμη της βαρύτητας και ενεργοποιούν εκτατικές συνέργιες (Uphred, 2001).

Είναι σημαντικό να τονιστεί πως αυτή η κατηγοριοποίηση δεν είναι τελείως απόλυτη, καθώς σε μερικούς μυς μπορεί να υπάρχουν από κοινού τονικά και

**Πίνακας 1.** Τονικοί και φασικοί μύες στο ανθρώπινο σώμα (Janda, 1987)

Τονικοί μύες	Φασικοί μύες
<b>Με τάση σύσφιγξης και βράχυνσης</b>	<b>Με τάση αδυναμίας και αναστολής</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υποκνημίδιος</li> <li>• Οπίσθιος κνημιαίος</li> <li>• Απαγωγί του ισχίου</li> <li>• Οπίσθιοι μηριαίοι</li> <li>• Ορθός μηριαίος</li> <li>• Λαγονοφοΐτης</li> <li>• Τεινών την πλατεία περιτονία</li> <li>• Απιοειδής</li> <li>• Θωρακο-οσφυϊκοί εκτείνοντες</li> <li>• Τετράγωνος οσφυϊκός</li> <li>• Μέγας θωρακικός</li> <li>• Άνω μοίρα τραπεζοειδούς</li> <li>• Ανεκκτήρας της ωμοπλάτης</li> <li>• Σκαληνοί</li> <li>• Στερνοκλειδομαστοειδής</li> <li>• Οι καμπτήρες του άνω άκρου</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μακρός και βραχύς περνιαίος</li> <li>• Πρόσθιος κνημιαίος</li> <li>• Έσω και έξω πλατύς</li> <li>• Μέγας γλουτιαίος, μέσος και μικρός</li> <li>• Ορθός κοιλιακός</li> <li>• Πρόσθιος οδοντωτός</li> <li>• Ρομβοειδής</li> <li>• Κάτω μοίρα τραπεζοειδούς</li> <li>• Εν τω βάθει καμπτήρες του αυχένα</li> <li>• Εκτείνοντες του άνω άκρου</li> </ul>

φασικά χαρακτηριστικά. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί πως επιπρόσθετα στη νευρολογική προδιάθεση του κάθε μυός ως προς τη σύσφιγξη ή την αδυναμία, δομικές αλλαγές μέσα στον ίδιο τον μυ μπορούν επίσης να συνεισφέρουν σε μυϊκή ανισορροπία.

Τα μοτίβα λειτουργίας των παραπάνω δύο μυϊκών κατηγοριών αποδεικνύονται τόσο σε βλάβες του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος, όπως για παράδειγμα ένα αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, όσο και σε άτομα χωρίς τέτοιες βλάβες. Στη δεύτερη περίπτωση οι ανισορροπίες στον μυϊκό τόνο διαπιστώνονται πιο εύκολα ηλεκτρομυογραφικά.

Γνωρίζοντας την παραπάνω μυϊκή κατάσταση και την κατανομή των διαφόρων τύπων μυϊκών ινών στη μυϊκή γαστέρα, ο θεραπευτής διαθέτει ένα σημαντικό εργαλείο, για να αξιολογήσει και να καθορίσει το πλάνο της ισοκινητικής παρέμβασής του. Η αξιολόγηση αυτή συγκαταλέγεται στη διαδικασία του ισοκινητικού ελέγχου (τεστ) που θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο Γ'.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ

### ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Για να ξεκινήσει η συστολή ενός μυός, απαιτείται ένα εξωτερικό ερέθισμα το οποίο προέρχεται από το νευρικό σύστημα. Συγκεκριμένα το σήμα παράγεται από τον κινητικό φλοιό του εγκεφάλου και στη συνέχεια μεταβιβάζεται μέσω των σπονδυλικών νευραξόνων που διέρχονται από τον νωτιαίο μυελό και εξέρχονται από τις κοιλιακές ρίζες. Τέλος, οι κινητικοί νευρώνες διακλαδίζονται και καταλήγουν σε μια κινητική μονάδα του μυός, όπου δίνουν το σήμα για να συσπασθεί ο μυς. Κάθε κλάδος του νευράξονα οδηγεί σε μια μυϊκή ίνα, ένα μυϊκό κύτταρο δηλαδή.

Η “ένωση” του νευράξονα με τον μυ γίνεται στη νευρομυϊκή σύναψη.

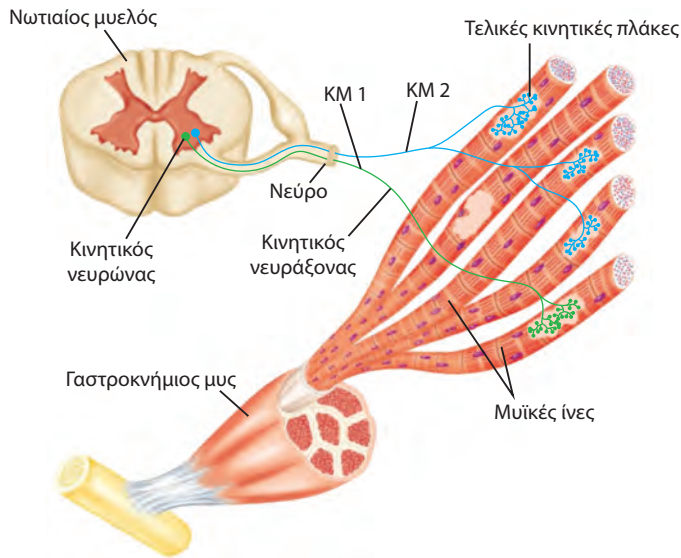
Συνοπτικά η διαδικασία έχει ως εξής:

Το δυναμικό ενέργειας “ταξιδεύει” στο νευρικό κύτταρο και προκαλεί την απελευθέρωση ακετυλοχολίνης (που είναι ο νευροδιαβιβαστής). Αυτή περνάει το στενό διάστημα ανάμεσα στα δύο κύτταρα και δεσμεύεται από ειδικούς υποδοχείς στη μεμβράνη του μυϊκού κυττάρου. Έτσι, οδηγεί σε δημιουργία διαφοράς δυναμικού στη μυϊκή ίνα και συνεπώς στη σύσπασή της.

### ΠΩΣ ΕΝΑΣ ΜΥΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΝΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΠΟΥ ΑΛΛΑΖΕΙ;

Ο μυς ενεργοποιείται παράγοντας τάση με δύο τρόπους:

1. Επιστράτευση κινητικής μονάδας,
2. Ρυθμός ενεργοποίησης νευρικού μηχανισμού.



Σχ. 1. Περιγραφή της Κινητικής Μονάδας (KM)

### Επιστράτευση της κινητικής μονάδας

Οι μυς νευρώνονται από καθορισμένα (ονοματισμένα) νεύρα τα οποία με τη σειρά τους είναι συλλογές από άλφα κινητικούς νευρώνες. Όταν το νευρικό σύστημα ενεργοποιεί ομάδες από άλφα κινητικούς νευρώνες στο κοιλιακό (πρόσθιο) κέρασ του νωτιαίου μυελού, οι κινητικοί νευρώνες με τα μικρότερα κυτταρικά σώματα εκπολώνονται πρώτοι. Επειδή οι μικρότεροι κινητικοί νευρώνες γενικότερα νευρώνουν τις κινητικές μονάδες με μικρότερο αριθμό μυϊκών ινών, αυτή η διακεκριμένη σειρά εκπόλωσης προκαλεί τις μικρότερες κινητικές μονάδες να επιστρατευτούν πρώτες, κάθε φορά που το κινητικό σύστημα ενεργοποιεί ομάδες κινητικών νευρώνων (σχ. 1).

Ο κινητικός νευρώνας μαζί με τις μυϊκές ίνες που νευρώνει αποτελούν μια λειτουργική μονάδα, που ονομάζεται **Κινητική Μονάδα** (σχ. 1). Έτσι, όταν διεγείρεται ένας κινητικός νευρώνας, συσπώνται όλες οι μυϊκές ίνες που ανήκουν σε αυτή την κινητική μονάδα. Οι μυϊκές ίνες που ανήκουν σε μια κινητική μονάδα έχουν τέτοια κατανομή στον μυ, ώστε κοντινές μυϊκές ίνες να προέρχονται από διαφορετικές κινητικές μονάδες.

### Ο ρυθμός ενεργοποίησης του νευρικού μηχανισμού

Όταν ο άλφα κινητικός νευρώνας «πυροδοτεί» ή αποφορτίζει ένα δυναμικό δράσης, δεν ενεργοποιεί έναν ολόκληρο μυ αλλά μόνο μία κινητική μονάδα.

Όταν είναι απαραίτητη επιπλέον δύναμη, το νευροκινητικό σύστημα εκπολώνει περισσότερους και μεγαλύτερους άλφα κινητικούς νευρώνες και με αυτό επιστρατεύει με επιτυχία μεγαλύτερες κινητικές μονάδες. Αυτή η στερεότυπη

σειρά της επιστράτευσης των κινητικών μονάδων ακολουθεί την «αρχή του μεγέθους» (εικ. 1 & 2).

Ο αριθμός των μυϊκών κυττάρων που αποτελούν μια Κινητική Μονάδα δεν είναι σταθερός και εξαρτάται από τη λειτουργία του μυός στον οποίο ανήκει. Μύες που χρησιμοποιούνται για λεπτές κινήσεις (όπως τα δάκτυλα) έχουν λίγες μυϊκές ίνες ανά Κινητική Μονάδα, ενώ μύες που είναι επιφορτισμένοι με κινήσεις που απαιτούν μεγάλη δύναμη έχουν κινητικές μονάδες που αποτελούνται από πολλές μυϊκές ίνες.

Οι κινητικές μονάδες ενός μυός διαφέρουν μορφολογικά και λειτουργικά και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στις μικρότερες σε μέγεθος κινητικές μονάδες, που είναι πιο βραδείες και διεγείρονται ευκολότερα από το δυναμικό ενέργειας του νευρώνα, και τις μεγαλύτερες, που είναι πιο ταχείες και είναι πιο δύσκολο να διεγερθούν.

- Νευρικό ερέθισμα – Παλμός
- Μηχανική απάντηση της κινητικής μονάδας

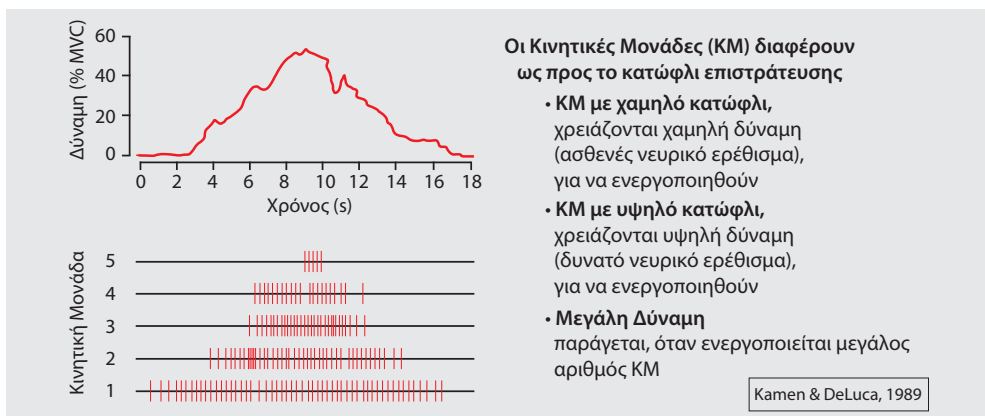
$$F(t) = F_0 \frac{t}{T} e^{-\frac{t}{T}}$$

T: χρόνος συστολής, ο χρόνος που χρειάζεται η τάση να φτάσει το μέγιστο  
F<sub>0</sub>: η σταθερά μίας κινητικής μονάδας

Μέσες τιμές του T

- Τρικέφαλος βραχίονας 44,5 ms
- Δικέφαλος βραχίονας 52,0 ms
- Πρόσθιος κνημιαίος 58,0 ms
- Υποκνημίδιος 74,0 ms
- Έσω γαστροκνήμιος 79,0 ms

**Εικ. 1.** Η νευρο-μηχανική της μυϊκής συστολής



**Εικ. 2.** Επιστράτευση των διαφορετικών κινητικών μονάδων, ανάλογα με το κατώφλι ενεργοποίησής τους

Έτσι στην πράξη, όταν δίνεται σήμα για τη σύσπαση ενός μυός, δεν διεγείρονται όλες οι κινητικές ομάδες. Πρώτα διεγείρονται οι βραδείες κινητικές μονάδες. Αν η απαίτηση σε δύναμη και ταχύτητα της σύσπασης αυξηθεί, τότε ενεργοποιούνται όλο και μεγαλύτερες κινητικές μονάδες. Θα πρέπει λοιπόν να θυμόμαστε ότι η συμβολή μιας Κινητικής Μονάδας στη συνολική δύναμη σύσπασης εξαρτάται από δύο παράγοντες: από το μέγεθός της και από τη συχνότητα των δυναμικών ενέργειας που τη διεγείρουν.

## **ΤΙ ΑΛΛΟ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΥΪΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ;**

### **Το μήκος**

Ένας μυς αναπτύσσει μεγαλύτερη δύναμη, όταν είναι σε επιμήκυνση, και λιγότερη, όταν είναι σε βράχυνση, ακόμα και αν ο αριθμός των ενεργών κινητικών μονάδων (και ο ρυθμός ενεργοποίησής τους) είναι σταθερός.

### **Η μακροσκοπική δομή του μυός**

Τα παραδοσιακά κείμενα κινησιολογίας συχνά διαφοροποιούν μεταξύ τους τους πτερυγοειδείς μυς και τους παράλληλους.

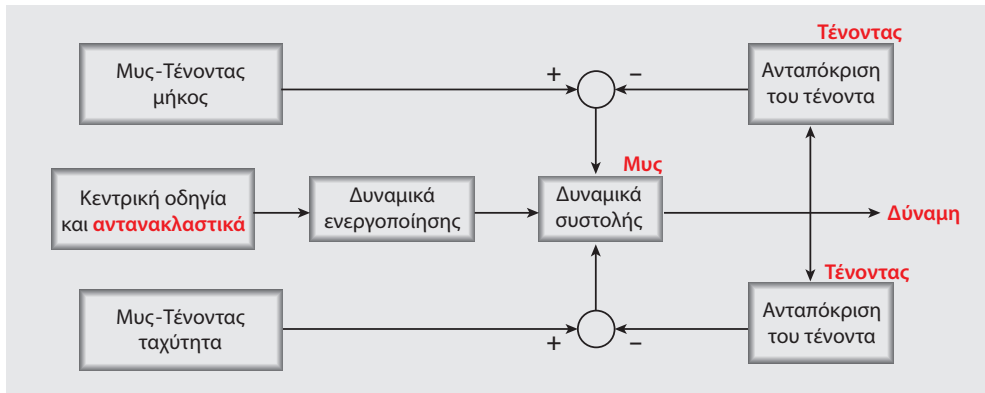
- Η δομή των πτερυγοειδών ή δι-πτερωτών μυών τους επιτρέπει να συγκεντρώνουν μεγάλα νούμερα από ίνες σε έναν τένοντα, ο οποίος με τη σειρά του μεταφέρει τη μυϊκή δύναμη στο οστό. Ένα παράδειγμα είναι ο Γαστροκνήμιος μυς
- Οι παράλληλοι μύες, επειδή οι ίνες τους προσανατολίζονται περισσότερο παράλληλα στον τένοντα στον οποίο προσφύονται, συγκεντρώνουν λιγότερες ίνες στον τένοντα και συνεπώς αναπτύσσουν λιγότερη δύναμη. Ένα παράδειγμα είναι ο Ραπτικός μυς ή ο Δικέφαλος βραχιόνιος
- Μερικοί μεγάλοι μύες, όπως ο Μέγας Γλουτιαίος, είναι οργανωμένοι έτσι ώστε να έχουν μεγάλες επιφάνειες πρόσφυσης
- Πολλοί μύες μπορεί να δρουν σε μία κοινή κατάφυση, όπως κάνουν ο μέσος και ο μικρός γλουτιαίος στον μείζονα τροχαντήρα του μηριαίου.

### **Πώς ένας μυς «γνωρίζει» πόση δύναμη απαιτείται;**

Οι μύες αισθάνονται, όπως το ίδιο κάνουν και οι τένοντες και οι θύλακοι. Ο καθένας περιέχει αισθητικούς υποδοχείς των οποίων η ενεργοποίηση ενημερώνει το κινητικό σύστημα για τον βαθμό ενεργοποίησης.

Οι πιο σημαντικοί αισθητικοί υποδοχείς στους μυς και τους τένοντες είναι οι μυϊκές άτρακτοι και τα τενόντια όργανα του Golgi, αντίστοιχα (Smith, Weiss, & Lehmkuhl, 1996).

Η μνήμη και η εμπειρία μαθαίνουν στο κινητικό σύστημα να αναμένει το ποσό της δύναμης που πρέπει να παράγει, για να πραγματοποιήσει συγκεκριμένες δραστηριότητες. Για παράδειγμα, αναπροσαρμόζουμε τη στάση μας πριν κινηθούμε και όχι κατά τη διάρκεια της κίνησης.



Εικ. 3. Μοντελοποίηση του νευρομυϊκού μηχανισμού

Ένα άλλο καθοριστικό φαινόμενο είναι αυτό της **Αμοιβαίας Αναστολής**. Εμπεριέχει αντανακλαστικά στα οποία μεσολαβούν αλυσίδες νευρώνων στη σπονδυλική στήλη που συνδέουν αγωνιστές με τους ανταγωνιστές τους. Δραστηριότητα σε έναν αγωνιστή παράγει μια ομοβροντία από νευρωνική δραστηριότητα που αναστέλλει τον ανταγωνιστή. Η αντανακλαστική αναστολή δεν είναι απόλυτη αλλά είναι ένας από τους πολλούς νευρωνικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη μυϊκή δραστηριότητα. Ωστόσο το αποτέλεσμα της αμοιβαίας αναστολής είναι ότι οι αγωνιστές και ανταγωνιστές δεν είναι γενικά δραστήριοι την ίδια στιγμή (*Smith, Weiss, & Lehmkuhl, 1996*).

Με βάση τις παραπάνω προϋποθέσεις έχουμε την έναρξη μιας ακολουθίας, που αρχίζει ως οδηγία από τον κινητικό φλοιό του εγκεφάλου, καθορίζει τα δυναμικά ενεργοποίησης (επιστράτευση των ΚΜ), καταλήγει σε ένα δυναμικό συστολής (τάση), η οποία όμως εξαρτάται και από τις εμβιομηχανικές ιδιότητες του συγκεκριμένου μυός (μυκο-ταχυ-δυναμικά χαρακτηριστικά) και του τένοντά του, έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι η προσδοκώμενη απόδοση δύναμης και έργου (εικ. 3).

Η εμπειρία μας μπορεί να δουλέψει εναντίον μας σε περιπτώσεις όπως:

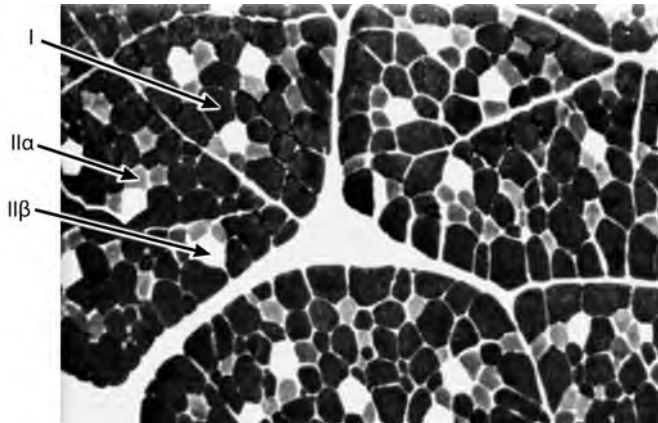
- Όταν σηκώνουμε ένα άδειο δοχείο, ενώ νομίζουμε ότι είναι γεμάτο και βαρύ
- Αποτυγχάνουμε να αναμένουμε ένα ακόμα σκαλοπάτι σε μια σκοτεινή σκάλα.

### Τύποι μυϊκών ινών

Είναι γνωστό ότι οι τύποι των μυϊκών ινών συνθέτουν έναν μυ σε διαφορετικές αναλογίες μεταξύ τους (ανάλογα με τον ρόλο που καλείται από τη φύση να παίξει ο μυς: τονικός, φασικός κ.ά.).

Ανάλογα με την ταχύτητα συστολής (απάντηση στο κινητικό ερέθισμα), διακρίνουμε τις ίνες **βραδείας** και τις ίνες **ταχείας συστολής**.

Με βάση όμως τις ιστοχημικές τους ιδιότητες και τον ρόλο τους στην παραγωγή έργου, τις διακρίνουμε σε **οξειδωτικές ίνες (τύπος I)**, σε **οξειδωγλυ-**



**Εικ. 4.** Ιστολογική απεικόνιση των τριών τύπων μυϊκών ινών: I-οξειδωτικές, IIα-οξειδωγλυκολυτικές, IIβ-γλυκολυτικές

**κολυτικές (τύπος IIα)** και σε **γλυκολυτικές ίνες (τύπος IIβ)** (Εικ. 4).

Το ποσοστό ινών βραδείας συστολής στους σκελετικούς μυς του ανθρώπου μπορεί να κυμαίνεται από 10-95%, αν και κατά μέσο όρο το ποσοστό αυτό στους μυς των χεριών και ποδιών είναι 45-55%. Οι ίνες ταχείας συστολής μοιράζονται εξίσου σε τύπου IIα και IIβ.

Όμως σε αθλητές αντοχής το ποσοστό αυτό μπορεί να είναι δραματικά διαφορετικό με τις ίνες βραδείας συστολής να φτάνουν το 90-95%, π.χ. στον γαστροκνήμιο. Αντίθετα σε αθλητές ισχύος, όπως οι σπρίντερς, οι ίνες ταχείας συστολής καταλαμβάνουν μεγαλύτερο ποσοστό.

Οι *οξειδωτικές ή ερυθρές ή ίνες βραδείας συστολής (τύπος I)* έχουν τη βιοχημική σύνθεση και τον εργοφυσιολογικό ρόλο της λειτουργίας με βάση την αερόβια οδό παραγωγής ενέργειας και την απόδοση μυϊκού έργου αντοχής. Έχουν πλούσια αιμάτωση και περιεκτικότητα σε μιτοχόνδρια και το κόκκινο χρώμα τους οφείλεται στις υψηλές συγκεντρώσεις μυοσφαιρίνης (εικ. 5).

Οι *γλυκολυτικές ή λευκές ή ίνες ταχείας συστολής (τύπος II)* με τον ρόλο της παραγωγής έντονου μυϊκού έργου, το οποίο και παράγουν μέσω της αναερόβιας οδού. Έχουν μεγαλύτερη διάμετρο από τις ερυθρές και νευρώνονται από κινητικούς νευρώνες με μεγαλύτερη διάμετρο από αυτών των ερυθρών και η αναλογία του αριθμού ινών που αντιστοιχούν στον κάθε νευράξονα είναι πολύ μικρότερη από αυτόν που αναλογεί για τις ερυθρές ίνες (εικ. 5).

Οι *οξειδωγλυκολυτικές ίνες (τύπος IIα)* είναι ένας ενδιάμεσος τύπος μυϊκών ινών με κοινά χαρακτηριστικά των δύο προηγούμενων τύπων και το ποσοστό τους δεν είναι πολύ μεγάλο. Επιστρατεύονται ανάλογα με το έργο που απαιτείται να παραχθεί και λειτουργούν είτε ως αργές, είτε ως γρήγορες.

Μετά από έναν τραυματισμό του μυοσκελετικού συστήματος οι μύες ατρο-