

# 1

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Κ. Αλπανιάκη, Γ. Κονιάκης

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΣΤΟΥ  
ΑΡΘΡΙΚΟΣ ΧΟΝΔΡΟΣ  
ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ  
ΤΕΝΟΝΤΕΣ  
ΜΥΕΣ  
ΜΗΝΙΣΚΟΙ

### ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΣΤΟΥ

Ο οστίτης ιστός (οστούν) είναι ένας εξειδικευμένος τύπος συνδετικού ιστού που διαδραματίζει ρόλο:

- στηρικτικό - προστατευτικό
- στην ομοιοστασία και στο μεταβολισμό του ασβεστίου
- στην αιμοποίηση.  
Μακροσκοπικά διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι:
- Ώριμος οστίτης ιστός
  - Συμπαγές (φλοιώδες) οστούν (αποτελεί το 80% του σκελετού)

- Σπογγώδες οστούν
- Ανώριμος οστίτης ιστός

#### **Συμπαγές (φλοιώδες) οστούν**

Σε πολύ μεγάλο βαθμό αποτελείται από θεμέλια ουσία η οποία παράγεται από τους οστεοβλάστες. Η ουσία αυτή παρατίθεται σε πολύ λεπτά φύλλα (μικροσκοπικές δομές) οι οποίες ονομάζονται πετάλια. Οι ίνες του κολλαγόνου σε κάθε πετάλιο διατάσσονται παράλληλα μεταξύ τους. Στη διαδικασία παραγωγής της θεμέλιας ουσίας οι οστεοβλάστες εγκλωβίζονται σε μικρές κοιλότητες μέσα στη θεμέλια ουσία και μετατρέπονται σε οστεοκύτταρα.

Στο ώριμο φλοιώδες οστούν τα περισσότερα πετάλια σχηματίζουν συγκεντρικούς δακτυλίους γύρω από τα Αβέρσεια κανάλια (διαμέτρου περίπου 50 μm, επιμήκως παράλληλα με τον επιμήκη άξονα του οστού, περιέχουν 1-2 τριχοειδή και μερικές νευρικές ίνες). Κάθε κανάλι μαζί με τα γύρω του πετάλια σχηματίζει ένα Αβέρσειο σύστημα ή οστεώνα. Οι οστεώνες διακρίνονται με σαφήνεια μεταξύ τους. Πολύ μικρότερα κανάλια διασχίζουν τα πετάλια και τις κοιλότητες που βρίσκονται τα οστεοκύτταρα επικοινωνώντας με το Αβέρσειο κανάλι του οστεώνα. Ένας άλλος τύπος καναλιών, εκείνα του Volkman, διαπερνούν το οστούν σχεδόν κάθετα με την επιφάνεια και συνδέουν τις εξωτερικές με τις εσωτερικές επιφάνειες. Τα αγγεία που υπάρχουν μέσα στα κανάλια αυτά επικοινωνούν με τα αγγεία των Αβέρσειων καναλιών. Μεταξύ των οστεώνων βρίσκονται τα διάμεσα πετάλια. Αμέσως κάτω από το περίοστεο και το ενδόστεο υπάρχουν τα περιφερειακά και ενδοοστικά πετάλια του οστού, τα οποία σαφώς διακρίνονται από τα συγκεντρικά (περί τα Αβέρσεια κανάλια) πετάλια. Η διατροφή του φλοιώδους οστού γίνεται διαμέσου της ενδοοστικής κυκλοφορίας (δια των καναλιών).

### **Σπογγώδες οστούν**

Σε αντίθεση με το φλοιώδες ο-

στούν δεν υπάρχουν Αβέρσεια συστήματα. Τα πετάλια του σπογγώδους οστού εναποτίθενται σε δοκίδες, οι οποίες μορφοποιούνται ανάλογα με τις μηχανικές δυνάμεις που εφαρμόζονται στο οστούν.

### **Ανώριμο οστούν**

Δεν περιέχει πετάλια και έχει μια σχετικά ακατάστατη διάταξη των ινών του κολλαγόνου καθώς και ακανόνιστο τύπο εναλάτωσης. Σχηματίζει το σκελετό του εμβρύου και δε συναντάται σε φυσιολογικό οστούν μετά τα 4 πρώτα χρόνια της ζωής. Συναντάται στον πόρο των καταγμάτων.

### **Κύτταρα του οστίτη ιστού**

#### **Οστεοβλάστες**

Κύτταρα που προέρχονται από αρχέγονα μεσεγχυματικά κύτταρα. Είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμό, την οργάνωση και την εναλάτωση της θεμέλιας ουσίας. Αποπλατυσμένα κύτταρα που βρίσκονται στην επιφάνεια των οστών προέρχονται από οστεοβλάστες που έχουν σταματήσει να είναι ενεργείς. Με κατάλληλο ερεθισμό μπορούν να γίνουν πάλι οστεοβλάστες.

#### **Οστεοκύτταρα**

Τα οστεοκύτταρα προέρχονται από τους οστεοβλάστες και βρίσκο-

νται σε μικρές κοιλότητες μέσα στη θεμέλια ουσία. Παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της εξωκυττάριας συγκέντρωσης του ασβεστίου και του φωσφόρου. Η καλσιτονίνη επιδρά διεγερτικά στα οστεοκύτταρα ενώ η παραθορμόνη ανασταλτικά.

### Οστεοκλάστες

Οι οστεοκλάστες είναι μεγάλα πολυπύρρηνα κύτταρα ακανόνιστου σχήματος (δαντελωτή κυτταροπλασματική μεμβράνη), τα οποία εντοπίζονται στις οστικές επιφάνειες. Σχηματίζονται από τη συνένωση μονοπύρρηνων κυττάρων από τα αιμοποιητικά στελεχοκύτταρα του μυελού και παίζουν βασικό ρόλο στην αποδόμηση του οστού. Προσκολλούνται στις οστικές επιφάνειες με τη βοήθεια εξειδικευμένων υποδοχέων (πρωτεϊνών), των ιντεγκρινών. Ρυθμιστές της οστεοκλαστικής δραστηριότητας είναι ουσίες όπως η παραθορμόνη, η βιταμίνη D, η καλσιτονίνη (ανασταλτική δράση), τα γλυκοκορτικοειδή, οι προσταγλανδίνες, η ιντερλευκίνη 1 και 6, ο παράγοντας νέκρωσης των όγκων, ο μετατρεπτικός αναπτυξιακός παράγοντας  $\beta$  και τα διφωσφονικά (διεγερτική δράση).

### Θεμέλια ουσία

Αποτελείται από ανόργανα συστατικά (60%, άλατα οργανωμένα

σε κρυστάλλους υδροξυαπατίτη που προσδίδουν στο οστό μεγάλη αντοχή στη συμπίεση) και οργανικά συστατικά (40%). Αυτά είναι: το κολλαγόνο, κυρίως τύπου I, (90%, υπεύθυνο για την αντοχή του οστού σε δυνάμεις τάσης), πρωτεογλυκάνες, μη κολλαγονικές πρωτεΐνες (οστεοκαλσίνη, οστεονεκτίνη, κ.α.) καθώς και από αναπτυξιακούς παράγοντες και κυτταροκίνες.

### Αιμάτωση

Συνολικά ο σκελετός λαμβάνει το 5-10% της καρδιακής παροχής. Η αιμάτωση των μακρών οστών γίνεται από την τροφοφόρα αρτηρία (εισέρχεται στο μυελικό αυλό διαμέσου του τροφοφόρου τμήματος και αιματώνει τα  $\frac{2}{3}$  της διάφυσης), από τα μεταφυσιακά-επιφυσιακά αγγεία (προέρχονται από το περιαρθρικό αγγειακό πλέγμα) και από τα αγγεία του περιοστέου (κυρίως τριχοειδή, υπεύθυνα για την αιμάτωση του εξωτερικού  $\frac{1}{3}$  της διάφυσης).

Η αιματική ροή (αρτηριακό αίμα) στο ώριμο οστόν είναι από μέσα προς τα έξω (δηλ. από ενδόστεο προς περιόστεο) επειδή κυριαρχεί η τροφοφόρα αρτηρία. Το αντίθετο συμβαίνει στο ανώριμο οστόν, όπου κυριαρχεί η περιοστική αιμάτωση. Η φλεβική παροχέτευση γίνεται από έξω προς τα μέσα.

## Περίοστεο

Είναι μια λεπτή μεμβράνη συνδετικού ιστού που καλύπτει τις οστικές επιφάνειες (εκτός από αρθρικό χόνδρο και θέσεις πρόσφυσης θυλάκου, συνδέσμων και τενόντων, αν και υπάρχουν θυλακοσυνδεσμικά και τενόντια στοιχεία που προσφύονται στο περίοστεο). Έχει δύο στρώματα: το εξωτερικό που αποτελείται κυρίως από πυκνό συνδετικό ιστό και αραιά κύτταρα που μοιάζουν με ινοβλάστες και το εσωτερικό, το οποίο είναι χαλαρότερο και έχει πιο πολλά κύτταρα που είναι ικανά να παράγουν χόνδρο και οστούν. Στην παιδική ηλικία το περίοστεο είναι παχύτερο, με πλουσιότερη αιμάτωση και με μεγαλύτερη οστεοπαραγωγική ικανότητα, ιδιότητες που με την πάροδο των χρόνων εξασθενίζουν.

## Οστικός μυελός

Είναι πηγή αρχέγονων κυττάρων και ελέγχει την εσωτερική διάμετρο των οστών. Ο ερυθρός μυελός (αιμοποιητικός) με την πάροδο του χρόνου γίνεται λιπώδης (κίτρινος, αδρανής).

## Πώς σχηματίζεται οστίτης ιστός (Πρότυπα ανάπτυξης)

- **Ενδοχόνδρινη οστεογένεση:**

Αδιαφοροποίητα κύτταρα εκκρίνουν χόνδρινη θεμέλια ουσία και μετατρέπονται σε χονδροκύτταρα. Ακολουθεί ασβεστοποίηση της θεμέλιας ουσίας και είσοδος τριχοειδών τα οποία φέρουν οστεοπρογεννητικά κύτταρα. Οστεοκλάστες απορροφούν τον ασβεστοποιημένο χόνδρο και οι οστεοβλάστες σχηματίζουν οστούν. Δημιουργούνται έτσι οι πρωτογενείς πυρήνες οστέωσης. Έτσι τελικά το αρχικό χόνδρινο μοντέλο αντικαθίσταται με οστούν κατά το μεγαλύτερο μέρος. Για τα μακρά οστά οι πρωτογενείς πυρήνες οστέωσης σχηματίζονται πριν από τη γέννηση. Τα οστικά άκρα τους παραμένουν χόνδρινα και αργότερα (μέσα στη μάζα τους) θα εμφανιστούν οι δευτερογενείς πυρήνες οστέωσης. Αυτοί οι πυρήνες εμφανίζονται κατά τη νηπιακή (2 πρώτα χρόνια της ζωής) ή την παιδική ηλικία. Ο μόνος δευτερογενής πυρήνας οστέωσης που εμφανίζεται γύρω στη 40<sup>η</sup> εβδομάδα της εμβρυϊκής ζωής είναι του περιφερικού μηριαίου.

Το χόνδρινο τμήμα που διαχωρίζει το δευτερογενή πυρήνα από τη διάφυση του οστού αποτελεί την επιφυσαϊκή πλάκα. Εδώ γίνονται πλέον οι απαραίτητες διεργασίες για την αύξηση του μήκους των οστών. Σύγκλιση των επιφυσαϊκών πλακών συμβαίνει αργότερα (κατά την όψιμη παιδική ή την εφηβική ηλικία ή μετά την ενηλικίωση) όταν πλέον έχει ολο-

κληρωθεί η ανάπτυξη των οστών ή πρώιμα αν αυτό προκληθεί από άλλους λόγους (π.χ. τραύμα, λοίμωξη, γενετική διαταραχή κλπ.). Για τα μικρότερα οστά όπως είναι τα οστά του καρπού, του ταρσού, η επιγονατίδα κ.α. οι πρωτογενείς πυρήνες οστέωσης εμφανίζονται κατά τη νηπιακή ηλικία. Με ενδοχόνδρινη οστεογένεση σχηματίζονται όλα τα μακρά οστά (εξαιρείται η κλείδα) κατά την εμβρυϊκή ζωή.

• **Ενδομεμβρανώδης οστεογένεση:** Αρχικά γίνεται μια συνάθροιση αδιαφοροποίητων κυττάρων (σε στρώματα ή σε μεμβράνη) τα οποία μετατρέπονται σε οστεοπαραγωγά κύτταρα. Ο τύπος αυτός οστεογένεσης είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία των πλατιών οστών (π.χ. πύελος, θόλος κρανίου κλπ.). Επίσης η κλείδα σχηματίζεται με ενδομεμβρανώδη οστεογένεση.

• **Παραθετική (κατά πλάτος) οστεογένεση:** Στην περιφέρεια του οστού εναποτίθεται νέο το οποίο παράγεται από τους οστεοβλάστες που γειτνιάζουν με την επιφάνεια των οστών (περιόστεο). Έτσι γίνεται η αύξηση κατά πλάτος των οστών.

## ΑΡΘΡΙΚΟΣ ΧΟΝΔΡΟΣ

Η βασική λειτουργία του αρθρικού χόνδρου είναι η απόσβεση και η μεταφορά δυνάμεων φόρτισης μέσω των αρθρικών επιφανειών. Η λειτουργία αυτή οφείλεται κυρίως στη δομή της εξωκυττάριας ουσίας.

Η εξωκυττάρια ουσία αποτελείται από:

- νερό (σε ποσοστό 65%-80%)
- πρωτεογλυκάνες (θειϊκή χονδροϊτίνη και θειϊκή κερατάνη)
- κολλαγόνο (τύπου II σε ποσοστό 95%)

Τα ινίδια του κολλαγόνου σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο δίκτυο το οποίο αλληλεπιδρά με τις αρνητικά φορτισμένες πρωτεογλυκάνες, με αποτέλεσμα την κατακράτηση νερού. Οι μηχανικές ιδιότητες του χόνδρου οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στη μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό. Τα χονδροκύτταρα βρίσκονται μέσα στην εξωκυττάρια ουσία και, λόγω απουσίας λεμφαγγείων και αιμοφόρων αγγείων, εξαρτώνται άμεσα από αυτήν για να καλύψουν τις μεταβολικές τους ανάγκες. Η διάχυση νερού και θρεπτικών συστατικών από και προς το αρθρικό υγρό παίζει θεμελιώδη ρόλο τόσο για τα χονδροκύτταρα όσο και για την εξωκυττάρια ουσία. Η παραπάνω διαδικασία σχετίζεται άμεσα με την εφαρμογή δυνάμεων φόρτισης στο χόνδρο, χωρίς

---

Σχετικά με τη διαδικασία επούλωσης (πώρωση) του οστίτη ιστού βλέπε στο εγχειρίδιο "Κακώσεις των οστών και των αρθρώσεων".

όμως να είναι γνωστή η βέλτιστη αναλογία για τη διατήρηση της ακεραιότητας του αρθρικού χόνδρου. Ο αρθρικός χόνδρος αποτελείται από τέσσερις στοιβάδες: την επιφανειακή, την ενδιάμεση, την εν τω βάθει και την ασβεστοποιημένη, η οποία έρχεται σε επαφή με το υποχόνδριο οστό.

Οι βλάβες του αρθρικού χόνδρου μπορεί να είναι:

- οξείες (συνήθως τραυματικές), ή
- χρόνιες (συνήθως εκφυλιστικής αιτιολογίας).

Οι τραυματικές βλάβες διακρίνονται ανάλογα με το αν αφορούν μόνο το χόνδρο ή αν εκτείνονται μέχρι και το υποχόνδριο οστό. Στη δεύτερη περίπτωση ενεργοποιούνται μεσεγχευματικά κύτταρα με σκοπό την επούλωση και έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ουλώδους ιστού (με κυρίως χαρακτηριστικά ινώδη χόνδρου) προκειμένου να επουλωθεί η βλάβη. Ο ιστός όμως αυτός δε διαθέτει τις μηχανικές ιδιότητες του αρθρικού χόνδρου και αποτελεί προάγγελο για την ανάπτυξη εκφυλιστικών βλαβών.

Γενικά οι βλάβες του αρθρικού χόνδρου δεν επιδιορθώνονται από μόνες τους. Ο λόγος είναι ότι ο ιστός αυτός δε διαθέτει αιμοφόρα αγγεία, οπότε δε σχηματίζεται ο απαραίτητος για την επούλωση θρόμβος, ο οποίος θα σηματοδοτήσει την έκλυση

φλεγμονώδους αντιδράσεως. Επίσης, οι εγκλωβισμένοι στη θεμέλια ουσία χονδροβλάστες δε δύνανται να μετακινηθούν στην εστία της βλάβης για να αρχίσουν την επιδιόρθωση του χόνδρου.

Η θεραπεία των βλαβών του αρθρικού χόνδρου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως την αιτιολογία, την εντόπιση και το μέγεθος της βλάβης, τις πιθανές συνοδές βλάβες των συνδέσμων και των μηνίσκων, την ηλικία και τη γενική κατάσταση του ασθενούς. Για τις ολικού πάχους βλάβες έχουν προταθεί διάφορες θεραπείες, όπως π.χ. τρυπανισμοί του υποχόνδριου οστού, μεταμόσχευση αυτόλογων χονδροκυττάρων, πλαστική τύπου μωσαϊκού κ.α.

## ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

Οι σύνδεσμοι αποτελούνται από ταινίες πυκνού συνδετικού ιστού, οι οποίες συνδέουν τα οστά μεταξύ τους. Το 60%- 80% του βάρους τους αποτελείται από νερό, ενώ περιέχουν κολλαγόνο τύπου I κατά 90% και κολλαγόνο τύπου III κατά 10%. Επίσης, περιέχουν ελαστίνη σε ποσοστό περίπου 1% και ρετικουλίνη (εξαιρούνται οι σύνδεσμοι της σπονδυλικής στήλης, οι οποίοι παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε ελαστίνη). Οι σύνδεσμοι, παρά το γε-

γονός ότι μοιάζουν με τους τένοντες, εντούτοις διαφέρουν κατά πολλούς τρόπους. Περιέχουν μικρότερο ποσοστό κολλαγόνου, του οποίου οι ίνες διατάσσονται με περισσότερο τυχαίο τρόπο. Αντίθετα, στους τένοντες οι ίνες του κολλαγόνου ακολουθούν τον επιμήκη άξονα του τένοντα.

Διακρίνονται δύο τρόποι με τους οποίους οι σύνδεσμοι προσφύονται στα οστά: ο άμεσος και ο έμμεσος. Κατά την άμεση πρόσφυση, οι εν τω βάθει ίνες του κολλαγόνου εισέρχονται στο οστό κάθετα, περνώντας μέσα από 4 καλά διαφοροποιημένες ζώνες. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα άμεσης πρόσφυσης είναι η πρόσφυση του έσω πλαγίου συνδέσμου στο μηριαίο. Στην έμμεση πρόσφυση επιπολής ίνες εισέρχονται στο περίοστεο υπό οξεία γωνία, ενώ μια βαθύτερη στιβάδα καταλήγει στο οστό.

Ανοσο-ιστοχημικές μελέτες στους συνδέσμους αποκάλυψαν την ύπαρξη ενός πλούσιου δικτύου μηχανοϋποδοχέων και υποδοχέων του πόνου, το οποίο καταδεικνύει τη σπουδαιότητα των συνδέσμων ως σταθεροποιητικούς παράγοντες των αρθρώσεων.

Οι εμβιομηχανικές ιδιότητες των συνδέσμων ανακλούν τη δομική τους οργάνωση. Η μορφολογία (κυματοειδής) και η διάταξη των ινών του κολλαγόνου επηρεάζουν τη συμπεριφορά των συνδέσμων κατά την ε-

φαρμογή δυνάμεων τάσεως. Οι περισσότερες μελέτες αφορούν στους συνδέσμους του γόνατος, κυρίως λόγω της αυξημένης συχνότητας τραυματισμού τους. Συγκρίνοντας τις ιδιότητες του πρόσθιου χιαστού και του έσω πλαγίου συνδέσμου διαπιστώνεται ότι ο τελευταίος διαθέτει διπλάσια αντοχή στις δυνάμεις τάσεως, γεγονός που αντικατοπτρίζει τις διαφορές στη δομή των δύο συνδέσμων. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις δομικές και μηχανικές ιδιότητες των συνδέσμων είναι η ηλικία, ο βαθμός σκελετικής ωρίμανσης, η ακινητοποίηση του μέλους καθώς και ορμονικοί παράγοντες (τα οιστρογόνα δρουν αρνητικά στην αντοχή των συνδέσμων).

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για τη διερεύνηση της διαδικασίας επούλωσης μετά από ρήξη των συνδέσμων. Η παραπάνω διαδικασία διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στους ενδοαρθρικούς (π.χ. πρόσθιος χιαστός) και εξωαρθρικούς συνδέσμους (π.χ. έσω πλάγιος σύνδεσμος). Η επούλωση των εξωαρθρικών συνδέσμων επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας και ανακατασκευής ουλώδους ιστού και ακολουθεί τις εξής 4 φάσεις: **Φάση I (οξεία φλεγμονή)** συμβαίνει τις πρώτες 72 ώρες μετά τον τραυματισμό- **Φάση II (επιδόρθωση)** από 72 ώρες μέχρι 6 εβδομάδες- **Φάση III (ανακατασκευή)** από



6 εβδομάδες μέχρι 12 μήνες- **Φάση IV (ωρίμανση του ουλώδους ιστού)** πάνω από 12 μήνες. Η επούλωση είναι ευθέως ανάλογη της απόστασης των άκρων του συνδέσμου. Αντίθετα με τους εξωαρθρικούς, οι ενδοαρθρικοί σύνδεσμοι παρουσιάζουν περιορισμένες δυνατότητες ανακατασκευής, πιθανώς επειδή η φλεγμονώδης διαδικασία δεν ευοδώνεται στο ενδοαρθρικό περιβάλλον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη χειρουργικής αποκατάστασης αυτών των συνδέσμων.

## TENONTEΣ

Οι τένοντες -αναπόσπαστα συστατικά στοιχεία των μυών- αποτελούν εξειδικευμένες δομές που έχουν ως βασική λειτουργία τη μεταφορά φορτίων από τους μύες στα οστά. Δομούνται από:

- κολλαγόνο (τύπου I κατά 85% και τύπου III κατά 5%)
- γλυκοπρωτεΐνες, πρωτεογλυκάνες και
- νερό

Οι πρωτεογλυκάνες, με κυριότερο εκπρόσωπο την **ντεκορίνη** παίζουν θεμελιώδη ρόλο στη δομή και στη λειτουργία των τενόντων.

Οι τένοντες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: 1) σ' αυτούς που μεταφέρουν δυνάμεις στην ευ-

θεία, δεν περιβάλλονται από έλυτρο αλλά από χαλαρό συνδετικό ιστό (π.χ. ο Αχιλλέιος τένοντας) και 2) σ' αυτούς που το έλυτρο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη λειτουργία τους (π.χ. καμπήρες των δακτύλων).

Οι μηχανικές ιδιότητες των τενόντων είναι αποτέλεσμα κυρίως της δομής και διάταξης των κολλαγόνων ινών και της μεσοκυττάριας ουσίας. Οι τένοντες εμφανίζουν γλοιοελαστικές ιδιότητες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη συμπεριφορά τους κατά την εφαρμογή δυνάμεων. Με άλλα λόγια, η επιμήκυνση ενός τένοντα δεν εξαρτάται μονάχα από την ασκούμενη δύναμη αλλά και από το ρυθμό και τη διάρκεια εφαρμογής της δύναμης. Για παράδειγμα, αν ασκηθεί μια σταθερή τάση σε έναν τένοντα, μετά από λίγο χρόνο το μήκος του θα αυξηθεί. Επίσης, ανάλογη μεταβολή θα παρατηρηθεί αν ο τένοντας υπόκειται σε, ρυθμικά ή μη, επαναλαμβανόμενη δράση δυνάμεων τάσης. Η ανατομική θέση (οι καμπήρες των δακτύλων είναι ισχυρότεροι των εκτεινότων), ο βαθμός σκελετικής ωρίμανσης καθώς και παράγοντες όπως η άσκηση επηρεάζουν σημαντικά την αντοχή των τενόντων. Μελέτες έχουν δείξει ότι η άσκηση αυξάνει τη σύνθεση και την ανθεκτικότητα των κολλαγόνων ινών, ενώ αντίθετα η παρατεταμένη ακινητοποίηση οδηγεί σε αποδιοργάνωση της δομής των τενό-



ντων και κατ' επέκταση σε ελάττωση της αντοχής τους. Οι φλουροροκινολόνες (συνθετικά αντιβιοτικά ευρέως φάσματος) μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στους τένοντες, η οποία υπολογίζεται ότι φτάνει τους 15-20 /100.000 ασθενείς που λαμβάνουν το φάρμακο. Ο ακριβής μηχανισμός πρόκλησης των βλαβών, που κυμαίνονται από αρθραλγίες έως αυτόματη ρήξη τενόντων, δεν είναι πλήρως γνωστός. Φαίνεται πάντως ότι στόχος της κυτταροτοξικής δράσης των αντιβιοτικών αυτών αποτελούν τα μόρια των πρωτεογλυκανών και συγκεκριμένα η ντεκορίνη.

Ο μηχανισμός βλάβης των τενόντων μπορεί να είναι άμεσος ή έμμεσος. Στην πρώτη περίπτωση ο απευθείας τραυματισμός μπορεί να οδηγήσει σε ρήξη ή διατομή του τένοντα, ενώ στη δεύτερη σε απόσπαση από το σημείο πρόσφυσής του. Αυτόματη ρήξη τενόντων έχει περιγραφεί στη βιβλιογραφία και συνδυάζεται με επαναλαμβανόμενους μικροτραυματισμούς ή /και παθολογικές καταστάσεις (XNA, αυτοάνοσα νοσήματα, σακχαρώδη διαβήτη κ.α.). Το επαναλαμβανόμενο τραύμα οδηγεί επίσης σε αδυναμία ικανοποιητικής ανακατασκευής του κολλαγόνου και σε χρόνιες εκφυλιστικές διαταραχές των τενόντων.

Η διαδικασία επούλωσης του τένοντα μετά από τραυματισμό ολο-

κληρώνεται σε τέσσερα στάδια. Αρχικά στο σημείο του τραύματος συρρέουν φλεγμονώδεις παράγοντες, κύτταρα του αίματος και ινώδες που γεμίζουν το χάσμα ανάμεσα στα δύο άκρα. Κολλαγόνο ανιχνεύεται την πρώτη εβδομάδα, ενώ την τρίτη εβδομάδα ινίδια κολλαγόνου και ινοβλάστες γεφυρώνουν το χάσμα ανάμεσα στα δύο άκρα. Η ωρίμανση και ο προσανατολισμός των ινών του κολλαγόνου αρχίζει τρεις με τέσσερις εβδομάδες μετά τον τραυματισμό και διαρκεί αρκετούς μήνες. Η επούλωση ευοδώνεται από την εφαρμογή ελεγχόμενης κίνησης ή φόρτισης. Αντίθετα, η πρόωμη και επιθετική κινητοποίηση αυξάνει τις πιθανότητες ρήξεως του τένοντα.

Πρόσφατες μελέτες εστιάζουν στη χρήση αυξητικών παραγόντων που προάγουν την επουλωτική διαδικασία. Οι πλέον υποσχόμενοι παράγοντες είναι οι κυτταροκίνες, ο PDGF, η BMP και ο IGF-1 (insulin-like growth factor-1). Η χρήση των παραπάνω παραγόντων βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

## ΜΥΕΣ

Το 40% περίπου της μάζας του σώματος αποτελείται από γραμμωτούς μύες. Βασική λειτουργία των σκελετικών μυών είναι η κίνηση.

Πρωτεύοντα ρόλο στην οργάνωση του μυϊκού ιστού, σε αντίθεση με τον οστίτη, το χόνδρινο και το συνδετικό ιστό, παίζουν τα μυϊκά κύτταρα. Η εξωκυττάρια ουσία, αν και δεν πρωταγωνιστεί, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο.

Τα μυϊκά κύτταρα περιέχουν πολλούς πυρήνες καθώς και ένα εξειδικευμένο ενδοπλασματικό δίκτυο που καλείται σαρκοπλασματικό δίκτυο. Ειδικές "κινητικές" πρωτεΐνες, η ακτίνη και η μυοσίνη, οργανώνονται σε δομές που καλούνται μυοϊνίδια. Η μυϊκή σύσπαση αποτελεί την απάντηση στο δυναμικό ενέργειας που μεταφέρεται στις μυϊκές ίνες από τις νευρικές ίνες μέσω της τελικής κινητικής πλάκας. Οι μυϊκές ίνες διακρίνονται σε τρεις τύπους με βάση τα μορφολογικά και λειτουργικά τους χαρακτηριστικά. Οι τύπου I είναι ίνες βραδείας σύσπασης, ενώ οι τύπου ΙΙΑ και ΙΙΒ ταχείας σύσπασης. Διαφορές επίσης υπάρχουν στην ικανότητα για αερόβια και αναερόβια γλυκόλυση. Οι τύπου I ίνες παρουσιάζουν αυξημένο αερόβιο μεταβολισμό και οι τύπου ΙΙΒ αναερόβιο, ενώ οι τύπου ΙΙΑ βρίσκονται στο ενδιάμεσο. Οι περισσότεροι μύες περιέχουν ίνες και των τριών τύπων.

Η ανταπόκριση των σκελετικών μυών και του καρδιαγγειακού συστήματος στην άσκηση τροποποιείται ανάλογα με το ποιος τύπος γλυκόλυσης επικρατεί. Η αερόβια άσκηση χαρακτηρίζεται από παρατεταμένη

διάρκεια και ελαττωμένα φορτία και επιδρά τόσο στην αναπνοή και την καρδιακή λειτουργία (αυξημένη παροχή αίματος και οξυγόνου) όσο και στο μεταβολισμό και την πρωτεϊνοσύνθεση των μυϊκών κυττάρων (αποδοτικότερη διαχείριση ενέργειας, αυξημένη σύνθεση πρωτεϊνών).

Βλάβη των μυών μπορεί να προκληθεί από ισχαιμία, θλάση, σύνθλιψη ή ρήξη. Ο μυϊκός κάματος αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην παθογένεση της μυϊκής θλάσης. Η μυοτενόντια μοίρα αποτελεί τη συχνότερη θέση ρήξεων του μυός. Η επούλωση θα εξαρτηθεί από τη βαρύτητα, το είδος του τραυματισμού καθώς και από τη αναγεννητική ικανότητα του μυός. Στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος έχουν βρεθεί τα τελευταία χρόνια παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάζουν την επούλωση. Αναβολικά στεροειδή και κορτικοστεροειδή έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας σε πειραματικό επίπεδο. Φαίνεται ότι τα αναβολικά στεροειδή επιδρούν θετικά στην επούλωση. Αντίθετα, ενώ τα κορτικοστεροειδή αρχικά επιταχύνουν την επούλωση, μακροχρόνια προκαλούν εκφυλιστικές βλάβες στο μυϊκό ιστό.

## ΜΗΝΙΣΚΟΙ

Οι μηνίσκοι είναι ινοχόνδρινοι