

απόφυση. Πυρήνες οστέωσης εμφανίζονται πριν από τη γέννηση. Ο πυρήνας για την ξιφοειδή απόφυση εμφανίζεται κατά την παιδική ηλικία.

ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Σύνδρομο Klippel-Feil

Αυτό το σύνδρομο είναι επίσης γνωστό σαν βράχυνση του αυχένα. Χαρακτηρίζεται από βραχύ αυχένα, χαμηλή παρυφή του τριχωτού της κεφαλής και περιορισμό στο εύρος κίνησης της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Το σύνδρομο χαρακτηρίζεται ακτινολογικά από ένα ή περισσότερους συνωστωμένους σπονδύλους (αποτυχία τμηματοποίησης) που έχουν σαν αποτέλεσμα τον βραχύ αυχένα και το περιορισμένο εύρος κίνησης. Το σύνδρομο Klippel-Feil μπορεί να συνδέεται με συγγενείς ανωμαλίες σε άλλα όργανα, καθώς και ανωμαλίες σε άλλες περιοχές της σπονδυλικής στήλης.

Δισχιδής ράχη

Αυτή η πάθηση έχει αίτιο την αποτυχία συνένωσης του σπονδυλικού τόξου. Μπορεί να έχουν προσβληθεί ένας ή περισσότεροι σπόνδυλοι. Οι μήνιγγες ή και ο νωτιαίος μυελός μπορεί να σχηματίζουν κήλη διαμέσου του σπονδυλικού ελαττώματος, με πιθανά βαρέα νευρολογικά συμπτώματα. Μια μάλλον καλοήγησ περίπτωση αυτής της πάθησης είναι η λανθάνουσα δισχιδής ράχη, κατά την οποία ο ασθενής δεν έχει συμπτώματα. Το δέρμα πάνω από τη συγγενή πάθηση της σπονδυλικής στήλης είναι φυσιολογικό και η μόνη ένδειξη της παθήσεως (εκτός της ακτινογραφικής) μπορεί να είναι ένα δερματικό βοθρίο ή ένας θύσανος τριχών που κείται πάνω από τον ελαττωματικό σπόνδυλο.

Η δισχιδής ράχη συνδέεται με έλλειψη φυλλικού οξέος στη διαίτα της μητέρας. Μπορεί να διαγνωσθεί κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης μέσω αμνιοκέντησης. Ένα έμβρυο με δισχιδή ράχη θα προκαλέσει άνοδο του επιπέδου της στο αμνιακό υγρό. Τελευταία έχει αναπτυχθεί μια διαδικασία ελέγχου για την α-φετοπρωτεΐνη στον ορό της μητέρας.

Υπεράριθμες πλευρές

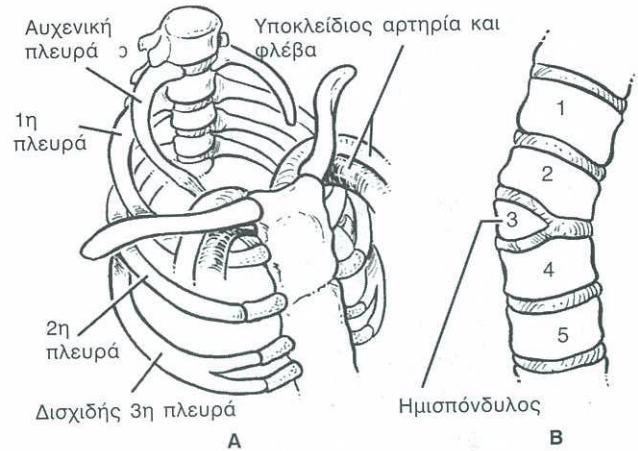
Μία πρόσθετη πλευρά στην οσφυϊκή χώρα είναι ο πιο κοινός τύπος και δεν προκαλεί συμπτώματα. Όμως, μία αυχενική πλευρά η οποία αρθρώνεται με τον έβδομο αυχενικό σπόνδυλο μπορεί να προκαλέσει πίεση στο βραχιόνιο πλέγμα, έχοντας σαν αποτέλεσμα το σύνδρομο θωρακικής εξόδου. (Εικ. 1-5Α).

Συγγενής σκολίωση

Οι ανωμαλίες στην ανάπτυξη των σπονδύλων προκαλούν συγγενή σκολίωση. Αυτές οι ανωμαλίες μπορούν να ταξινομηθούν σαν αποτυχίες σχηματισμού ή αποτυχίες διαίρεσης. Η έλλειψη εμφάνισης ενός από τους πυρήνες χονδροποίησης του μισού σπονδύλου καταλήγει σε ημισπόνδυλο. Αν υπάρχει μερική αποτυχία στο σχηματισμό, η κατάληξη είναι σφηνοειδής σπόνδυλος (Εικ. 1-5B). Οι αποτυχίες διαίρεσης μπορεί να είναι μονόπλευρες ή αμφοτερόπλευρες. Η μονόπλευρη αποτυχία διαίρεσης προκαλεί το σχηματισμό μίας άμμητης στήλης, η οποία δεν έχει δυνατότητα ανάπτυξης. Έτσι η αντίθετη πλευρά παρουσιάζει μία προοδευτική καμπύλη. Αν η αποτυχία διαίρεσης είναι αμφοτερόπλευρη, έχει σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό σπονδυλικού συσσωματώματος.

Δυσπλασίες του κρανίου

Αυτές οι ανωμαλίες μπορεί να είναι ελάσσονες ή μείζονες με κίνδυνο για τη ζωή του ασθενούς. Με ευρέα ελαττώματα υπάρχει συχνά σχηματισμός κήλης στις μήνιγγες ή και στον εγκέφαλο. Σε περιπτώσεις ακρανίας ή κρανιοσχισής η κρανια-



Εικόνα 1-5

Διαγράμματα συγγενών ανωμαλιών των σπονδύλων και των πλευρών. (Α). Αυχενικές και διφυείς πλευρές. Παρατηρείστε ότι η αριστερή αυχενική πλευρά διακρίνεται από μία ινώδη ταινία που περνά πίσω από τα υποκλείδια αγγεία και συνδέεται με το στέρνο. Είναι πολύ πιθανόν ότι αυτή η ανωμαλία επέφερε νευραγγειακές αλλαγές στο αριστερό άνω άκρο. (Β). Πρόσθια άποψη της σπονδυλικής στήλης όπου φαίνεται ένας ημισπόνδυλος. Το δεξιό μισό του τρίτου θωρακικού σπονδύλου δεν υπάρχει. Παρατηρείστε την επακόλουθη πλευρική καμπύλωση ή σκολίωση της σπονδυλικής στήλης. [Αναπαράχθηκε κατόπιν άδειας από Moore KL: The articular and skeletal systems, στο The Developing Human, 5th Ed. Philadelphia: Saunders, 1993:364.]

κή κοιλότητα είναι σχεδόν απύσχα. Ο εγκέφαλος είναι τότε μία μάζα μη διαφοροποιημένου νευρικού ιστού. Αυτή η περίπτωση συνδέεται συχνά με μείζονες διαπλαστικές ανωμαλίες της σπονδυλικής στήλης.

ΑΚΡΑ

Τα άκρα δημιουργούνται σαν εκβλαστήσεις ή προσεκβολές, οι οποίες γίνονται ορατές στην αρχή της πέμπτης εβδομάδας της ανάπτυξης. Κάθε εκβλάστηση αποτελείται από μία προσεκβολή του μεσεγγύματος που δημιουργείται από το μεσόδερμα και καλύπτεται από ένα στρώμα εξωδέρματος, την κορυφαία εξωδερμική ακρολοφία (ΚΕΑ). Αυτή η ακρολοφία έχει μία επαγωγική επίρρηση στο υποκείμενο μεσέγγυμα. Το τμήμα της μεσεγγυματικής προσεκβολής που πρόσκειται στην ΚΕΑ θα σχηματίσει τα οστά και τους συνδετικούς ιστούς του άκρου. Κύτταρα απομακρυσμένα από την ΚΕΑ θα διαφοροποιηθούν σε χόνδρο και μύες. Το πιο κεντρικό τμήμα του άκρου αναπτύσσεται πρώτο, ακολουθούμενο κατά σειρά από τα πιο περιφερικά τμήματα, έτσι ώστε τα χέρια και τα πόδια αναπτύσσονται τελευταία. Το κάτω άκρο αναπτύσσεται περίπου δύο μέρες αργότερα από το άνω άκρο.

Από την έκτη εβδομάδα είναι αναγνωρίσιμα τα χόνδρινα προπλάσματα των οστών των άκρων. Οι πρωτεύοντες πυρήνες οστέωσης παρουσιάζονται από τη δωδέκατη εβδομάδα της ανάπτυξης, στο μέσο της διάφρασης του μελλοντικού οστού. Η οστέωση προχωρεί προς τα άκρα του οστού, τα οποία ονομάζονται επιφύσεις. Στις φάλαγγες, μόνο ένα άκρο του οστού έχει επιφυσιακή πλάκα. Στους σπονδύλους μπορεί να υπάρχουν πολυάριθμοι πρωτεύοντες και δευτερεύοντες πυρήνες οστέωσης. Όταν οι επιφυσιακές πλάκες έχουν οστεωθεί δεν είναι περαιτέρω δυνατή η κατά μήκος ανάπτυξη. Μία αυξητική πλάκα που βρίσκεται στο σημείο πρόσφυσης ενός τένοντα είναι γνωστή ως απόφυση. Οι αποφύσεις δεν συμβάλλουν στην κατά μήκος ανάπτυξη των οστών.

Κατά την έβδομη εβδομάδα επέρχεται περιστροφή των



Εικόνα 1-6
Ακτινογραφία, σπονδυλικό συσσωμάτωμα. O3-O5.

άκρων. Το άνω άκρο περιστρέφεται προς τα έξω κατά 90 μοίρες έτσι ώστε οι καμπτήρες μύες να κείνται στο πρόσθιο τμήμα του σώματος και οι εκτεινόντες μύες να κείνται στην πλάγια και οπίσθια επιφάνεια. Οι αντίχειρες γίνονται ετερόπλευροι. Το κάτω άκρο περιστρέφεται στην αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή προς τα έσω, κατά 90 μοίρες. Το μεγάλο δάκτυλο του ποδιού μετακινείται προς τα έσω. Οι εκτεινόντες μύες κείνται στην πρόσθια επιφάνεια και οι καμπτήρες στην οπίσθια.

Στις 16 εβδομάδες, το πιο περιφερικό τμήμα των εκβλαστήσεων των άκρων θα σχηματίσει τις προσεκβολές του χεριού και του ποδιού. Αυτές οι προσεκβολές χωρίζονται από το υπόλοιπο του άκρου από μία κυκλική στένωση. Μία άλλη στένωση διαιρεί το υπόλοιπο του άκρου σε άνω και κάτω μέρη, έτσι ώστε τα τμήματα του μελλοντικού άκρου είναι αναγνωρίσιμα. Για να σχηματισθούν τα δάκτυλα του χεριού και του ποδιού πρέπει να επέλθει προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος (απόπτωση) στην ΚΕΑ. Ο θάνατος αυτών των κυττάρων διαχωρίζει την ακρολοφία στα πέντε μελλοντικά δάκτυλα. Η ανάπτυξη κάθε δακτύλου του χεριού είναι τώρα υποκείμενη σε επαγωγή από τη δική του ΚΕΑ.

ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ ΑΚΡΩΝ

Αμελία, μερομελία και μικρομελία

Αμελία είναι η απουσία ενός ολόκληρου οστού ή ενός ολόκλη-

ρου άκρου. Μια λιγότερο βαρεία μορφή αυτής της παθήσεως είναι η μερομελία, στην οποία υπάρχει ανάπτυξη του χεριού ή του ποδιού, αλλά αυτά συνδέονται με τον κορμό με ένα μικρό, ελαττωματικό οστό. Η μικρομελία είναι η εμφάνιση ενός αφύσικα μικρού τμήματος ενός άκρου. Ανάμεσα στις αιτίες τέτοιων ελαττωμάτων είναι οι τερατογόνοι παράγοντες όπως η θαλιδομίδη, που παλαιότερα χορηγούταν σαν υπνωτικό και αντιμετικό φάρμακο. Μία ασυνήθης υψηλή συχνότητα δυσπλασιών των άκρων που επήλθε την εποχή που χορηγούταν η θαλιδομίδη οδήγησε στην ανακάλυψη ότι η χρήση της σε έγκυες γυναίκες προκαλούσε απουσία ή ανωμαλία στα άκρα, καθώς και άλλα αναπτυξιακά ελαττώματα. Το σκεύασμα ακολούθως αποσύρθηκε από την αγορά. Η θαλιδομίδη σήμερα επανεξετάζεται σαν υποψήφιος αντιρευματικός παράγοντας.

Πολυδακτυλία

Η πολυδακτυλία είναι η παρουσία επιπλέον δακτύλων στα χέρια ή τα πόδια. Το επιπλέον δάκτυλο μπορεί να μην έχει την κατάλληλη νεύρωση ή μπορεί να λειτουργεί κανονικά. Τα επιπλέον δάκτυλα συχνά εμφανίζονται και στις δύο πλευρές, ενώ η απουσία ενός δακτύλου προσβάλλει συνήθως μόνο τη μία πλευρά.

Συνδακτυλία

Η συνδακτυλία είναι μία πάθηση που επέρχεται όταν ο προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος δεν συμβαίνει κανονικά στα χέρια ή τα πόδια. Ποσότητα ιστού μπορεί να παραμείνει ανάμεσα στα δάκτυλα, προκαλώντας μια εμφάνιση «νηκτικής μεμβράνης» ή και πραγματική σύμφυση των γειτονικών δακτύλων.

Χηλή αστακού

Η χηλή αστακού συμβαίνει όταν υπάρχει μη φυσιολογικό διάστημα μεταξύ του δεύτερου και του τέταρτου μετακαρπίου. Το τρίτο μετακάρπιο και η φάλαγγα συνήθως δεν υπάρχουν και σε κάθε πλευρά του εκλιπόντος δακτύλου τα εναπομείναντα οστά συμφύονται, δίνοντας στο χέρι εμφάνιση λαβίδας.

Ραιβοποδία

Η ραιβοποδία συμβαίνει όταν το πέλμα γυρίζει προς τα έσω και το πόδι προσάγεται και κάμπτεται πελματιαία. Εμφανίζεται περισσότερο στους άνδρες και μπορεί να είναι κληρονομική. Μία πιθανή αιτία αυτής της ανωμαλίας μπορεί να είναι η θέση των κάτω άκρων του εμβρύου κατά την εγκυμοσύνη.

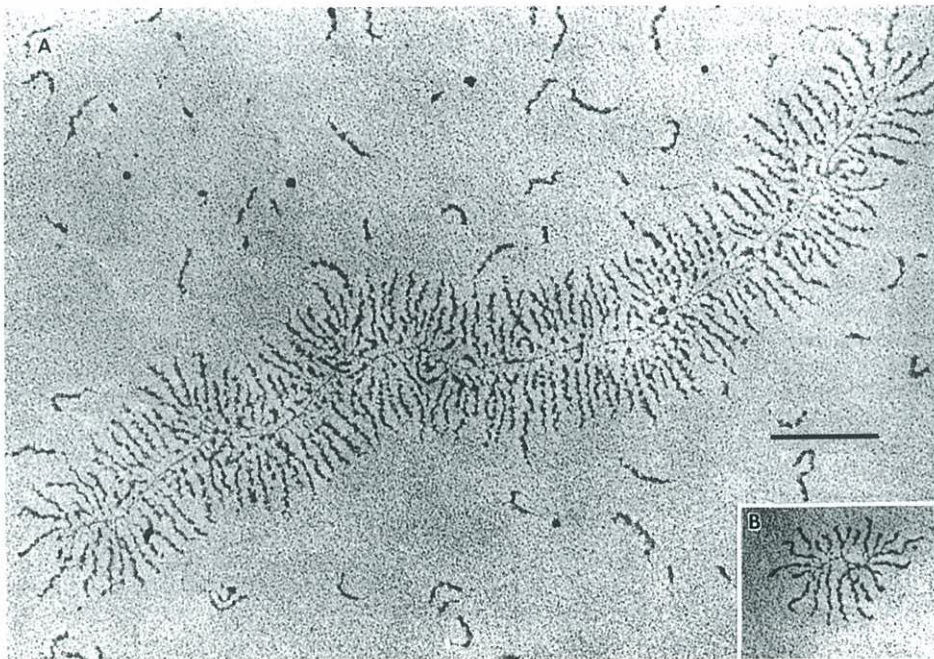
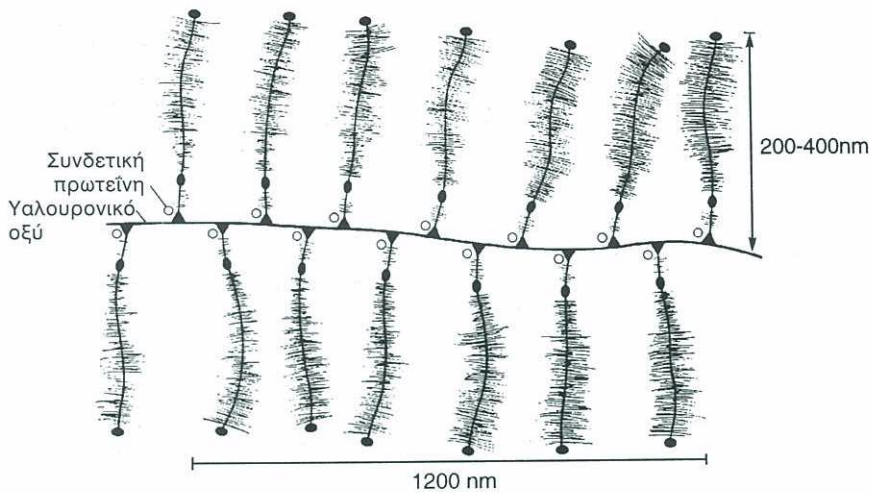
Αναπτυξιακό εξάρθημα του ισχίου

Το αναπτυξιακό εξάρθημα του ισχίου (παλαιότερα γνωστό ως συγγενές εξάρθημα του ισχίου) συμβαίνει πιο συχνά στις γυναίκες. Αυτή η πάθηση είναι αποτέλεσμα ατελούς ανάπτυξης της κοτύλης και της κεφαλής του μηριαίου. Συχνά συσχετίζεται με ισχιακή προβολή του εμβρύου. Πιθανολογείται ότι η εμβρυϊκή ανάπτυξη σε ανάποδη στάση μπορεί να συμβάλει στην ελαττωματική ανάπτυξη του ισχίου.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

ΑΧΟΝΔΡΟΠΛΑΣΙΑ

Η αχονδροπλασία προκαλείται από διαταραχή της ενδοχόνδρινης οστοποίησης στις επιφυσιακές πλάκες των μακρών οστών και καταλήγει σε νανισμό. Μολονότι το κεφάλι είναι φυσιολογικού μεγέθους, τα άνω και κάτω άκρα είναι πολύ κοντά. Η διανοητική ανάπτυξη συνήθως δεν επηρεάζεται. Η ανωμαλία εντοπίζεται στην αυξητική ζώνη της επίφυσης, όπου ο πολλαπλασιασμός των χονδροκυττάρων μειώνεται δραστι-

**Εικόνα 2-4**

Επάνω: διάγραμμα των μακρομορίων της αγκρεκάνης (aggrecan) που είναι οργανωμένα σε ένα αθροιστικό μόριο πρωτεογλυκάνης. Πολλά τέτοια μόρια μπορούν να προσδεθούν σε ένα μόριο υαλουρονικού οξέος, σχηματίζοντας σύμπλοκα μακρομόρια που σταθεροποιούνται εντός του κολλαγονικού δικτύου. Κάτω: μικροφωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο βόειου αρθρικού χόνδρου και πρωτεογλυκάνης από σκελετικά ανώριμο μοσχάρι (A) και σκελετικά ώριμο βόδι (B). Δείχνουν τα αθροιστικά μακρομόρια αποτελούμενα από ένα κεντρικό νημάτιο υαλουρονικού οξέος συνδεδεμένο με πολλαπλά μονομερή (ράβδος= 500nm). [Η επάνω φωτογραφία αναπαράγεται με την άδεια των Mankin HJ, Mow VC, Buckwalter JA, Iannotti JP, Ratcliffe A: Form and function of articular cartilage. In Simon SR (ed): *Orthopaedic Basic Science*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1994: p. 10. Η κάτω φωτογραφία αναπαράγεται με την άδεια των Buckwalter JA, Kuettner KE, Thonar E J-M: Age-related changes in articular cartilage proteoglycans: Electron microscopic studies. *J Orthop Res* 1985;254.]

θρικό χόνδρο αποκαλύπτει μια χρονική και χωρική μεταβολή στην κατανομή, από μία αρχικά περικυττάρια κατανομή στον εμβρυϊκό χόνδρο μέχρι μία κατ' εξοχήν διάμεση εντόπιση στον αρθρικό χόνδρο των ενηλίκων. Συγκριτικά με τις πρωτεΐνες COMP η θρομβοσποντίνη 1 ανιχνεύεται επίσης, αλλά σε μικρότερες συγκεντρώσεις στον αρθρικό χόνδρο, ενώ και σε άλλους ιστούς έχει βρεθεί ότι έχει σημαντική δράση στην αλληλεπίδραση μεταξύ κυττάρων και θεμέλιας ουσίας. Η φμπρονεκτίνη παρατηρείται τόσο στον φυσιολογικό αρθρικό χόνδρο, όσο και σε χόνδρο αρθρώσεων με εκφυλιστικές αλλοιώσεις και μάλιστα σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στις περιπτώσεις αυτές. Είναι πρωτεΐνη υπεύθυνη για την αλληλοσύνδεση μεταξύ κυττάρων και θεμέλιας ουσίας, αλλά και μεταξύ άλλων συστατικών της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας. Οι gla πρωτεΐνες της θεμέλιας ουσίας ανιχνεύονται επίσης στον αρθρικό χόνδρο και μπορεί να σχετίζονται με την καθίζηση του φωσφορικού ασβεστίου στην εν τω βάθει αποτιτανωμένη ζώνη του χόνδρου. Η χονδροκαλσίνη (γνωστή και ως κολλαγόνο II καρβοξυ-τελικό πεπτιδίο) είναι το καρβοξυ-τελικό πεπτιδίο του κολλαγόνου τύπου II, το οποίο σχηματίζεται από τον κατακερματισμό του προκολλαγόνου II, και πιθανώς συμμετέχει στην εφραλάτωση του αρθρικού

χόνδρου με τη δέσμευση κρυστάλλων υδροξυαπατίτη. Δύο άλλες πρωτεΐνες σε αφθονία στη θεμέλια ουσία είναι μία πρωτεΐνη MB 58-kDa και μία MB 36-kDa, οι οποίες δεν έχουν χημική ονομασία και φαίνεται να σχετίζονται με τη σύνδεση των χονδροκυττάρων.

Περίπου το 1% της μάζας του αρθρικού χόνδρου αποτελείται από λιπίδια, τα οποία εντοπίζονται τόσο στα χονδροκύτταρα όσο και στη θεμέλια ουσία. Κυστίδια παρατηρούνται σε όλες τις ζώνες της χόνδρινης θεμέλιας ουσίας, αλλά η λειτουργία τους είναι άγνωστη. Στο υπόλοιπο ποσοστό η σύσταση του αρθρικού χόνδρου αποτελείται από ύδωρ (60-85%) και ανόργανα άλατα.

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΡΘΡΙΚΟΥ ΧΟΝΔΡΟΥ

Τα χονδροκύτταρα βρίσκονται εντός της περιφερικής θεμέλιας ουσίας, η οποία αποτελεί ένα εξειδικευμένο μικροπεριβάλλον, χωρίς να υπάρχει άμεση επαφή μεταξύ των κυττάρων. Ο αρθρικός χόνδρος στερείται αιμοφόρων αγγείων, νεύρων και λεμφαγγείων και, συνεπώς, κάθε κύτταρο είναι υπεύ-

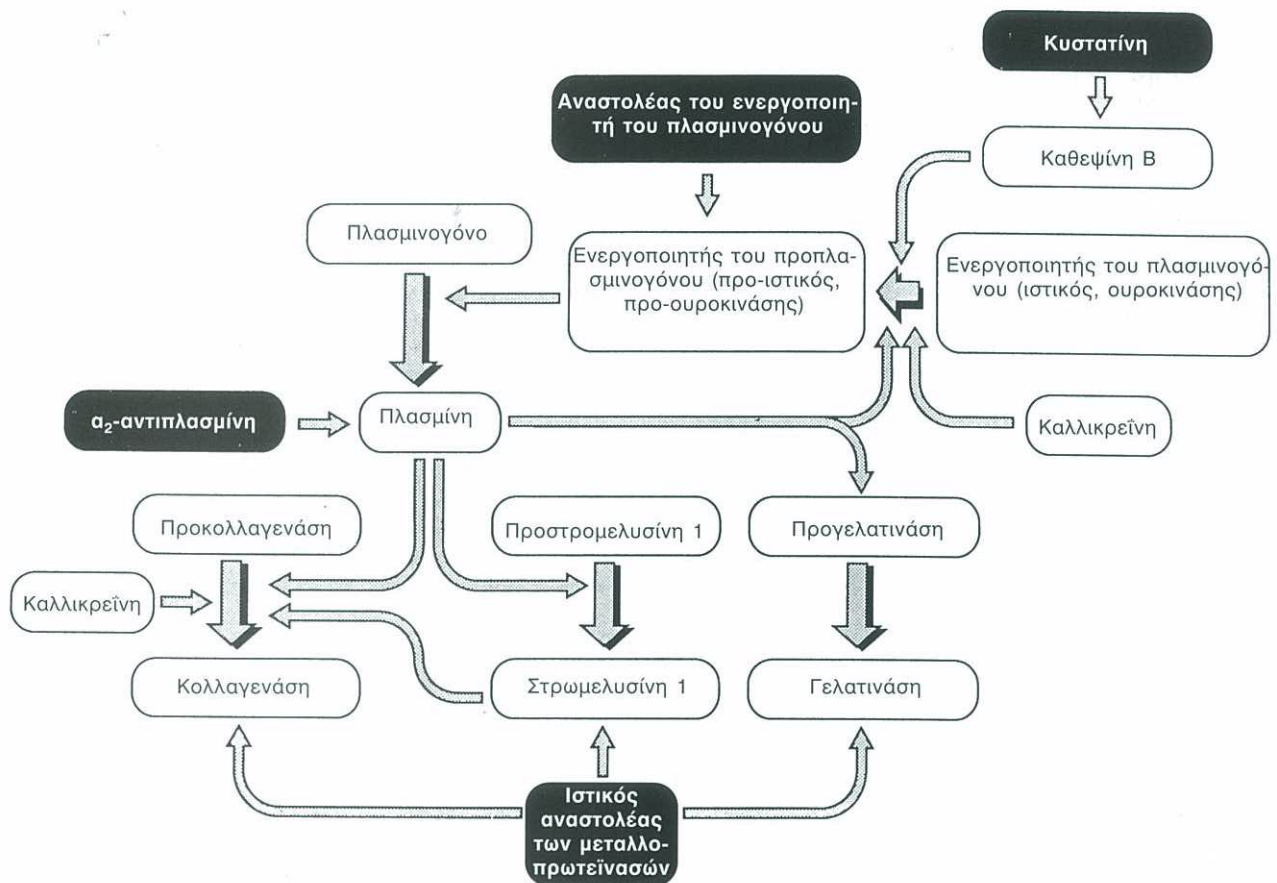
θυνο για το μεταβολισμό της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας με την οποία βρίσκεται σε άμεση επαφή. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, ο μεταβολισμός των χονδροκυττάρων επηρεάζεται από τη δράση κυττοκινών, από την περικυττάρια θεμέλια ουσία και από την επίδραση μηχανικών δυνάμεων. Μία μεγάλη ποικιλία πρωτεολυτικών ενζύμων που παράγονται από χονδροκύτταρα και από κύτταρα που βρίσκονται γύρω από την άρθρωση συμμετέχουν στην αποδόμηση των συστατικών του αρθρικού χόνδρου και στην ανακύκλωση της θεμέλιας ουσίας. Υπάρχουν τέσσερις τάξεις πρωτεϊνών εντός της θεμέλιας ουσίας, οι οποίες φαίνεται να εμπλέκονται καταλυτικά στην αποδόμηση του χόνδρου. Τα ένζυμα αυτά είναι η σερίνη, η κυστεΐνη, η ασπαρτική και οι μεταλλοπρωτεϊνάσες. Τα χονδροκύτταρα βασίζονται στη διάχυση για τη διατροφή και την επικοινωνία με το περιβάλλον τους. Γενικά, το εν τω βάθει ένα τρίτο του αρθρικού χόνδρου τρέφεται παθητικά, με διάχυση από το υποχόνδριο οστού, ενώ τα επιπολής δύο τρίτα επίσης με διάχυση από το αρθρικό υγρό. Ως αποτέλεσμα, τα χονδροκύτταρα διατηρούν χαμηλότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου, υψηλότερες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα και χαμηλότερο pH από άλλα κύτταρα. Υπάρχει μία φυσιολογική ανακύκλωση της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας του αρθρικού χόνδρου η οποία ελέγχεται από τα χονδροκύτταρα. Η αποδόμηση των πρωτεογλυκανών και η απελευθέρωσή τους από τη θεμέλια ουσία γίνεται με περιορισμένη πρωτεολυτική διάσπαση. Το αθροιστικό μακρομόριο των πρωτεογλυκανών (aggrecan) αποδομείται από το ένζυμο «aggrecanase», το οποίο διασπά τον πρωτεϊνικό πυρήνα στη θέση μεταξύ G1 και G2. Τα πρωτεϊ-

νικά κλάσματα που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό διασπώνται περαιτέρω από άλλες πρωτεϊνάσες και τα τελικά προϊόντα αποβάλλονται στο αρθρικό υγρό. Η ανακύκλωση του κολλαγόνου έχει βραδύτερο ρυθμό και πιθανώς διέγεται από τις μεταλλοπρωτεϊνάσες. Οι μεταλλοπρωτεϊνάσες εξαρτώνται από δισθενή κατιόντα για τη λειτουργία τους και η ρύθμιση της δραστηριότητάς τους ελέγχεται από μηχανισμούς ενεργοποίησης και αναστολής. Τα ένζυμα αυτά συντίθενται ως ανεργά προένζυμα τα οποία απαιτούν ενζυμική μετατροπή για ενεργοποίηση.

Τα ενεργά ένζυμα μπορεί επίσης να υποστούν μη αναστρέψιμη αναστολή από συγκεκριμένους αναστολείς που παράγονται από τα χονδροκύτταρα. Τέτοιος αναστολέας είναι ο ιστικός αναστολέας των μεταλλοπρωτεϊνών (TIMP), η δραστηριότητα του οποίου εξαρτάται από τη συγκέντρωση στη θεμέλια ουσία τόσο του ίδιου του αναστολέα όσο και των μεταλλοπρωτεϊνών. Λίγα είναι γνωστά σχετικά με την ανακύκλωση των μη κολλαγονικών πρωτεϊνών. Ένα σχηματικό διάγραμμα των ταυτοποιημένων και περισσότερο γνωστών πρωτεϊνών με τους ενεργοποιητές και τους αναστολείς τους απεικονίζεται στην Εικόνα 2-5.

ΑΠΟΔΟΜΗΣΗ

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η αποδόμηση της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας στην οστεοαρθρίτιδα γίνεται μέσω διαφορετικών οδών απ' ό,τι στη ρευματοειδή αρθρίτιδα. Στην περίπτωση της οστεοαρθρίτιδας τα μηχανικά φορτία στον εκφυλισμένο αρθρικό χόνδρο φαίνεται ότι επάγουν μία μεταβολή



Εικόνα 2-5

Ενεργοποιητές και αναστολείς των σημαντικότερων πρωτεϊνών του αρθρικού χόνδρου. [Αναπαραγωγή με την άδεια των Mow VC, Ratcliffe A: Cartilage and diarthroidal joints as paradigms for hierarchical materials and structures. *Biomaterials* 1992; 13:82. Courtesy of AR poole, Montreal, Canada.]

αξιόπιστες χειρουργικές επανορθωτικές τεχνικές που διαθέτει ο ορθοπαιδικός χειρουργός. Έχει υπολογιστεί με ποικίλους τρόπους ότι πάνω από 250.000 επεμβάσεις με χρήση οστικών μοσχευμάτων εκτελούνται κάθε χρόνο στην Αμερική. Τα οστικά μοσχεύματα χρησιμοποιούνται σε μια μεγάλη ποικιλία κλινικών περιπτώσεων: επίτευξη πάρωσης, διόρθωση των οστικών ασυνεχειών που οφείλονται σε κληρονομικά ή τραυματικά αίτια, ιδιαίτερα σε ψευδαρθρώσεις καταγμάτων και για πλήρωση χασμάτων σε περιοχές εκτομής νεοπλάσματος.

Ενώ οι βασικές αρχές των οστικών μοσχευμάτων έχουν εδραιωθεί εδώ και δεκαετίες, τα τελευταία χρόνια οι ορθοπαιδικοί ερευνητές έχουν εφοδιάσει τον χειρουργό με μία ποικιλία από ενδιαφέρουσες εναλλακτικές. Οι νεότερες εξελίξεις περιλαμβάνουν την κατασκευή νέων βιοϋλικών που χρησιμοποιούνται σαν υποκατάστατο του οστού και την απομόνωση τέτοιων υλικών, όπως οι αυξητικοί παράγοντες που βοηθούν τη διείσδυση στο οστό και τη δημιουργία νέου οστού. Σαν αποτέλεσμα, τα οστικά μοσχεύματα θεωρούνται σήμερα ως βιολογικές δομές και όχι ως πλαίσιο στήριξης.

Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την έκβαση της τοποθέτησης ενός οστικού μοσχεύματος, όπως το υλικό του δότη, η θέση του ξενιστή και η χειρουργική τεχνική.

ΕΙΔΗ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΩΝ

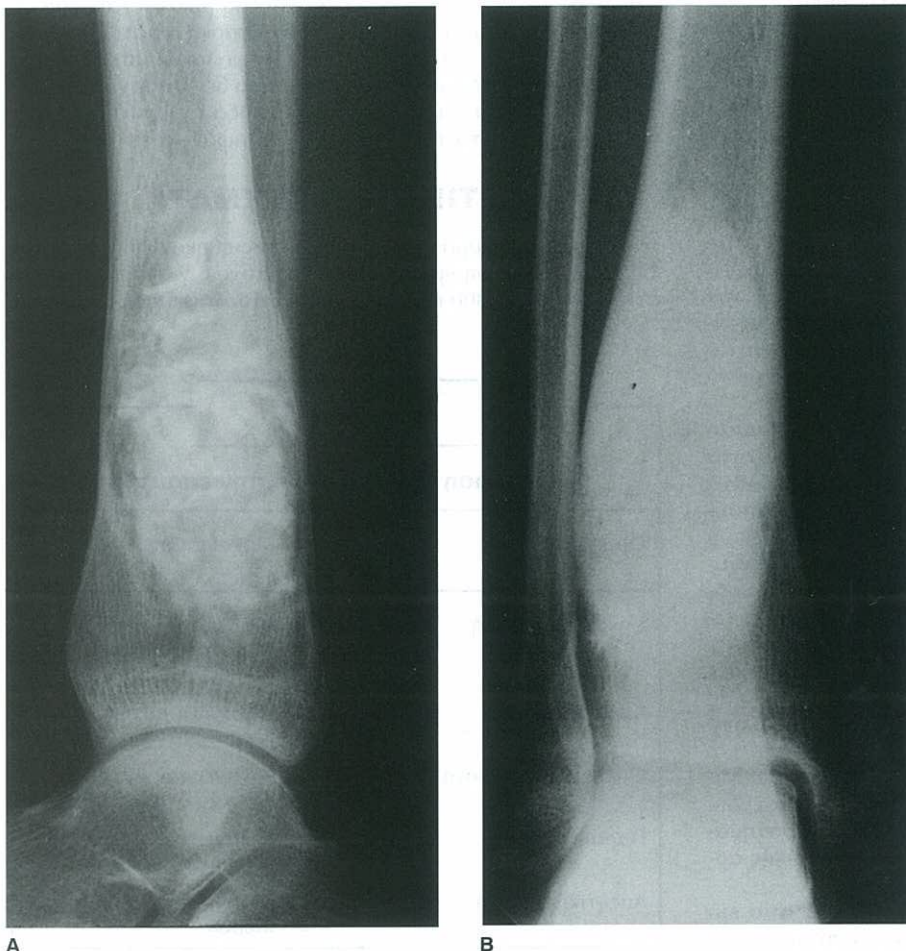
Ένας ιστός μοσχεύματος ονομάζεται αυτογενής όταν προέρχεται από το ίδιο άτομο στο οποίο και εμφυτεύεται και το μόσχευμα ονομάζεται αυτομόσχευμα. Αλλογενής ιστός είναι ο ιστός που προέρχεται από ένα άλλο άτομο του αυτού είδους· το μόσχευμα ονομάζεται τότε αλλομόσχευμα. Το αυτογενές οστόν σχεδόν πάντα χρησιμοποιείται σαν νωπό μόσχευμα. Τα αλλομοσχεύματα τυπικά, αφού ληφθούν κατα-

ψύχονται νωπά, λυοφιλοποιούνται (αποξηραίνονται σε κατάρυξη) ή αποστειρώνονται χημικά, διαδικασία που μειώνει την ανοσολογική έκφραση αυτών των οστών και καθιστά όλα τους τα κύτταρα μη βιώσιμα.

Τόσο το αυτογενές και το αλλογενές σπογγώδες οστόν και σε μικρότερη αναλογία το φλοιόσπογγώδες οστόν και ο μυελός των οστών συνήθως χρησιμοποιούνται σαν υλικά δότες (Εικ. 5-1). Οστεοχόνδρινα τμήματα και απομεταλλωμένη οστική θεμέλια ουσία είναι ιδιαίτεροι τύποι αλλομοσχευμάτων και χρησιμοποιούνται επίσης και άλλα υλικά, όπως μορφογενετική πρωτεΐνη, υδροξυαπατίτης, κεραμικά, πολυμερή και σύνθετες ρητίνες.

Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στη χρησιμοποίηση διαφόρων τύπων οστού ως μόσχευμα. Οι κλινικές ανάγκες συνήθως υπαγορεύουν την επιλογή (Πίνακας 5-2). Με αυστηρά βιολογικά κριτήρια, το αυτογενές σπογγώδες οστόν είναι το ιδεώδες υλικό για μοσχεύματα, γι' αυτό και είναι η πιο συχνή πηγή υλικού μοσχευμάτων. Στο σπογγώδες οστόν αποκαθίσταται πιο εύκολα η επανακυκλοφορία του αίματος απ' ό,τι στο φλοιώδες και σαν αποτέλεσμα αποτελεί προσφορότερο έδαφος για οστεοεπαγωγή (τη διαδικασία επαγωγής της ανάπτυξης νέου οστού). Το φλοιώδες οστόν επουλώνεται με βραδύτερο ρυθμό, αλλά έχει καλύτερες οστεοκαθοδηγητικές ιδιότητες (τη διαδικασία που προωθεί την οστική διείσδυση) και ανώτερες μηχανικές ιδιότητες (Πίνακας 5-2).

Όλα τα αυτομοσχεύματα έχουν το πλεονέκτημα ότι αποφεύγει κανείς τον κίνδυνο της ανοσολογικής αντίδρασης ή της εμφύτευσης παραγόντων φλεγμονής. Από πρακτική και μηχανική θεώρηση, υποστηρίζεται η χρήση αλλομοσχευμάτων σε πολλές κλινικές περιπτώσεις, καθώς αποτελούν μια ουσιαστικά απεριόριστη πηγή δομικά υγιούς δομικού μοσχεύ-



Εικόνα 5-1

(Α). Κορίτσι 12 ετών με μη οστεοποιούμενο ίνωμα της περιφερικής κνήμης, που αντιμετωπίστηκε με απόξεση και οστικό αλλομόσχευμα.

(Β). Ένα χρόνο αργότερα, το οστικό μόσχευμα έχει ενσωματωθεί πλήρως.

Πίνακας 5-2

Ιδιότητες των οστικών μοσχευμάτων ανάλογα με τον τύπο και την προέλευση

	Προέλευση			
	Αυτομοσχεύματα		Αλλομοσχεύματα	
	Σπογγώδες	Φλοιώδες	Σπογγώδες	Φλοιώδες
Περιοχή του δότη	Πιο συνηθισμένη (για μοσχεύματα που περιέχουν αγγεία): <ul style="list-style-type: none"> • Λαγόνιος ακρολοφία • Περόνη Άλλες περιοχές: <ul style="list-style-type: none"> • Πλευρές για πρόσθια σπονδυλοδεσία 			
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Σημαντική οστεοπαραγωγική, οστεοκαθοδηγητική, οστεοεπαγωγική δυνατότητα. • Επιδέχεται επαναγγείωση • Δεν προκαλεί ανοσολογική αντίδραση, δεν έχει κίνδυνο ανάπτυξης φλεγμονής. 	<ul style="list-style-type: none"> • Μικρότερη οστεοπαραγωγική, οστεοκαθοδηγητική, οστεοεπαγωγική δυνατότητα. • Παρέχει δομική υποστήριξη. • Δεν προκαλεί ανοσολογική αντίδραση, δεν έχει κίνδυνο ανάπτυξης φλεγμονής. 	<ul style="list-style-type: none"> • Αποφυγή δεύτερης χειρουργικής επέμβασης. • Ουσιαστικά απεριόριστο σε μέγεθος, ποσότητα, ποιότητα, είδος και σχήμα. 	<ul style="list-style-type: none"> • Παρέχει δομική υποστήριξη. • Αργή ενσωμάτωση, μέσω ερπούσης αντικατάστασης.
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Απαιτείται δεύτερη χειρουργική επέμβαση για να ληφθεί το μόσχευμα με τους επακόλουθους κινδύνους στους οποίους συμπεριλαμβάνεται και η απώλεια μηχανικής ακεραιότητας. • Περιορισμένη διαθέσιμη ποσότητα. • Περιορισμένο διαθέσιμο σχήμα. • Περιορισμοί στο μέγεθος, την ποσότητα, την ποιότητα, τον τύπο και το σχήμα. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανθίσταται στην επαναγγείωση και την ανακατασκευή. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ουσιαστικά χωρίς οστεοπαραγωγική, οστεοκαθοδηγητική, οστεοεπαγωγική δυνατότητα (που οφείλεται σε έλλειψη ζωντανών κυττάρων). • Μπορεί να προκαλέσει ανοσολογική αντίδραση, μπορεί να αναπτυχθεί φλεγμονή. • Έχει κόστος η λήψη του κ.λπ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να παρουσιάσει κόπωση και να αποτύχει με την επίδραση κυκλικής φόρτισης.

^a Ο ειδικά επεξεργασμένος οστεοχόνδρινος ιστός μπορεί να διατηρήσει ζώντα κύτταρα.

ματος σε κάθε μέγεθος και σχήμα. Επιπλέον η χρήση τους αποκλείει μια δεύτερη επέμβαση για τη λήψη του αυτομοσχεύματος με τους επακόλουθους κινδύνους και τις επιπλοκές. Τα κύρια μειονεκτήματα των αλλομοσχευμάτων -η πιθανότητα να προκαλέσουν ανοσολογική αντίδραση και σε μικρότερο βαθμό ο κίνδυνος να μεταδώσουν παθογόνα μικρόβια- έχουν σε μεγάλο βαθμό ξεπεραστεί τα τελευταία χρόνια με την πρόοδο στην επεξεργασία και τη συντήρηση του ληφθέντος οστικού μοσχεύματος. Παρ' όλα αυτά, καθώς η μετάδοση ιών παραμένει ένας υπαρκτός αν και μικρός κίνδυνος, είναι επιβεβλημένο για τον χειρουργό να είναι απολύτως εξοικειωμένος με το αντικείμενο, καθώς και με την αξιοπιστία κάθε αναγνωρισμένης τράπεζας ιστών. Οι επιπτώσεις των διαφορετικών τύπων υλικού δότη θα ξεκαθαριστούν στη συζήτηση της βιολογικής διαδικασίας ενσωμάτωσης του οστικού μοσχεύματος στην περιοχή του δέκτη και των μηχανικών προβλημάτων που επηρεάζουν (ή δεν επηρεάζουν) την επιλογή του υλικού.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΣΤΙΚΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ

Η ενσωμάτωση ενός οστικού μοσχεύματος είναι μια δυναμική διαδικασία που εμπλέκει τις βιολογικές και δομικές ιδιό-

τητες τόσο του μεταμοσχευμένου υλικού όσο και της λήπτριας περιοχής όπου τοποθετείται. Αυτή η διαδικασία και σαν αποτέλεσμα το τελικό αποτέλεσμα της χρήσης οστικού μοσχεύματος, διαφέρει ουσιαστικά ανάλογα με το αν το υλικό του δότη είναι αυτογενές ή αλλογενές όσον αφορά την προέλευσή του καθώς και αν είναι σπογγώδες ή φλοιώδες οστού.

Σπογγώδες οστού

Η ενσωμάτωση κάποιου μοσχεύματος περιλαμβάνει μια αρχική φλεγμονώδη απάντηση που ακολουθείται από μια πιο μακροπρόθεσμη διαδικασία αγγειακής διείσδυσης, σχηματισμού νέου οστού και ανακατασκευής. Αυτή η διαδικασία των τεσσάρων σταδίων αφορά όλα τα υλικά μοσχευμάτων, διαφέρει όμως σημαντικά ανάλογα με το είδος του οστού που χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση του αυτογενούς σπογγώδους οστού, αυτή η διαδικασία εξελίσσεται ως εξής:

Φάση 1: Η αρχική φάση, κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά τη χειρουργική επέμβαση, χαρακτηρίζεται από μια φλεγμονώδη αντίδραση παρόμοια με αυτήν ενός τραύματος, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας ενός ινώδους θρόμβου. Η αγγείωση που ακολουθείται από κινητοποίηση άωρων μεσεγχυματικών κυττάρων στην επι-

κτη, τον παράμεσο και το μεσαίο δάκτυλο, όπου το μεσαίο δάκτυλο έχει το μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας. Αφού όλοι αυτοί οι τένοντες έχουν παρόμοιες τελικές παραμορφώσεις, το μεσαίο δάκτυλο τείνει να έχει ψηλότερη τελική παραμόρφωση από τα άλλα τρία.

Η ηλικία επιδρά σε όλες τις περιοχές των διαγραμμάτων τάσης-παραμόρφωσης των τενόντων και των συνδέσμων. Η σχετιζόμενη με την ηλικία μείωση της γωνίας πτύχωσης του κολλαγόνου έχει σαν αποτέλεσμα μια μικρότερη περιοχή άκρης. Το μέτρο σχετικότητας αυξάνει μέχρι τη σκελετική ωριμότητα και ύστερα παραμένει σταθερό. Στη νεαρή ηλικία παρατηρείται μία μακριά περιοχή φθοράς (βλάβης) με σχεδόν μηδενικό μέτρο ελαστικότητας, ενώ σε μεγαλύτερες ηλικίες αυτό το επίπεδο πριν από την κάμψη (υποχώρηση) δεν είναι φανερό. Η τελική τάση και η παραμόρφωση αυξάνονται με την ηλικία μέχρι την ωριμότητα.

Η άσκηση αυξάνει το βάρος, τη σκληρότητα και την τελική αντοχή στον εφελκυσμό των τενόντων. Αντίθετα, η ακινησία διακυβεύει τις ιδιότητες των τενόντων και των συνδέσμων. Ειδικότερα, η σύνθεση κολλαγόνου μπορεί να αυξηθεί με την άσκηση και η γωνία πτύχωσης και το μήκος μπορούν επίσης να επηρεαστούν. Οι τένοντες που έχουν ασκηθεί παρουσιάζουν ψηλότερα ποσοστά από παχιά κολλαγόνα υνίδια που μπορούν να αντέξουν μεγαλύτερες διαστατικές δυνάμεις που οφείλονται σε πιο εκτεταμένες διασταυρώσεις.

Η ιζοελαστικότητα αυτών των ιστών σημαίνει ότι οι ιδιότητές τους εξαρτώνται από το ποσό, τον συντελεστή, την αναλογία και το ιστορικό της εφαρμογής των δυνάμεων. Παρουσιάζουν ερπησμό (αύξηση της παραμόρφωσης, με την πάροδο του χρόνου, όταν εφαρμόζεται σταθερή δύναμη), χαλάρωση από την τάση (μείωση της τάσης, με την πάροδο του χρόνου, όταν εφαρμόζεται μια σταθερή καταπόνηση) και υστέρηση (διαφορά στις καμπύλες φόρτισης και αποφόρτισης, εξαιτίας απώλειας ενέργειας). Το αποτέλεσμα αυτών των ιδιοτήτων είναι ότι κατά τη διάρκεια κυκλικής φόρτισης η καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης μετατοπίζεται προς τα δεξιά (Εικ. 8-3)- αυτές οι δομές γίνονται λιγότερο σκληρές (χαμηλότερος συντελεστής επιμήκυνσης) και παρουσιάζουν ψηλότερες παραμορφώσεις μετά από έναν αριθμό κύκλων άσκησης. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην

περίπτωση της ισομετρικής μυϊκής σύσπασης, όπου το μήκος της μονάδας μυς-τένων παραμένει σταθερό, ενώ ο τένων επιμηκύνεται επιτρέποντας στον μυ να βραχυυνθεί και να μειωθεί η κόπωση του. Οι ιζοελαστικές ιδιότητες αυτών των δομών σημαίνουν επίσης ότι τα ψηλότερα ποσοστά καταπόνησης (μεγαλύτερη ταχύτητα επιμήκυνσης) έχουν σαν αποτέλεσμα ψηλότερο μέτρο ελαστικότητας (σκληρότητα).

Οι μηχανικές ιδιότητες του αναρρωτικού τένοντα και του συνδέσμου μπορούν να συνοψιστούν ως εξής: ο ανθρώπινος τένων έχει ένα μέτρο ελαστικότητας από 1,2 έως 1,8 GPa, μέγιστη αντοχή αυθελκυσμού από 50 έως 105 MPa και μέγιστες καταπονήσεις από 9 έως 35%. Οι πρόσθιοι χιαστοί σύνδεσμοι νεαρών ανθρώπων και οι μέσοι παράπλευροι (πλάγιοι) σύνδεσμοι εμφανίζουν βλάβη σε αναφερθέντα τελικά φορτία των 340-2200n και σε σκληρότητα περίπου 220 έως 240 N/mm (GPa).

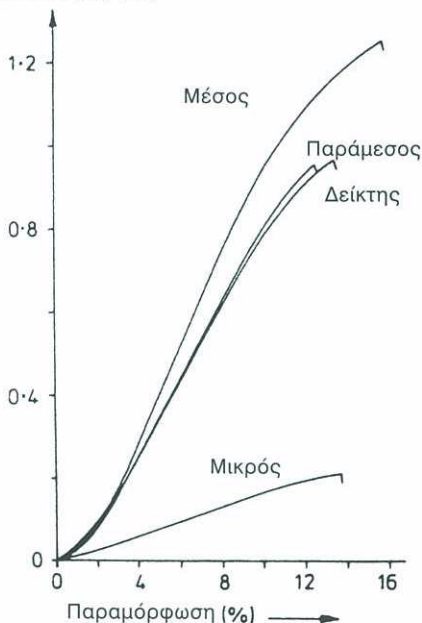
ΧΟΝΔΡΟΣ

Ο χόνδρος είναι το σύνθετο υλικό που το σώμα χρησιμοποιεί στην επιφάνεια στήριξης (σύνδεσης). Ενισχύει τις οστικές επιφάνειες στις αρθρώσεις λειτουργώντας σαν μία χαμηλής τριβής λιπανόμενη επιφάνεια και απορροφητής κραδασμών. Δέχεται υψηλή στατική και κυκλική φόρτιση για πολλές δεκαετίες. Λειτουργικά είναι ένα πολυμερές από ινίδια κολλαγόνου (ενίσχυση) σε ένα ενυδατωμένο πλέγμα πρωτεογλυκιδίων. Οι μηχανικές ιδιότητες του χόνδρου είναι αποτέλεσμα της μοναδικής αλληλεπίδρασης των συστατικών αυτών με νερό και ιόντα από σωματικά υγρά.

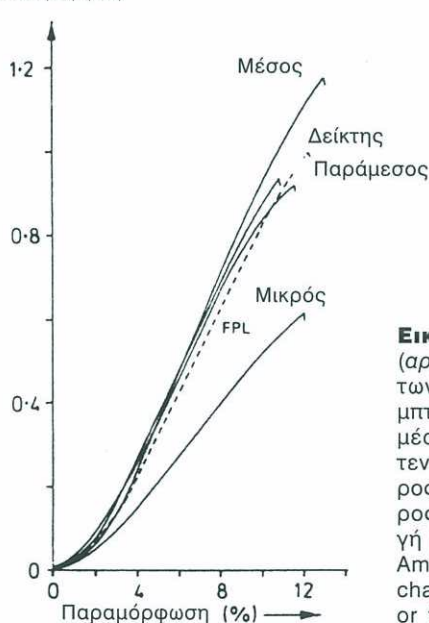
ΔΙΑΦΑΣΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΧΟΝΔΡΟΥ

Οι μηχανικές ιδιότητες του χόνδρου μπορούν να γίνουν καλύτερα κατανοητές αν θεωρηθεί ως ένα διαφασικό υλικό που αποτελείται από στερεές και υγρές φάσεις. Η στερεά φάση είναι μία μαλακή, πορώδης, διαπερατή μήτρα που αποτελείται κυρίως από κολλαγόνο και πρωτεογλυκίδια. Η υγρή φάση είναι νερό (και ιόντα) που αποτελούν το 65 έως 80% του συνολικού βάρους του ιστού και βρίσκεται μέσα στην πορώδη δομή της στερεάς μήτρας. Οι μοναδικές μηχανικές ιδιότητες του χόνδρου οφείλονται εν μέρει στην αλληλεπίδραση

Καταπόνηση (kN)

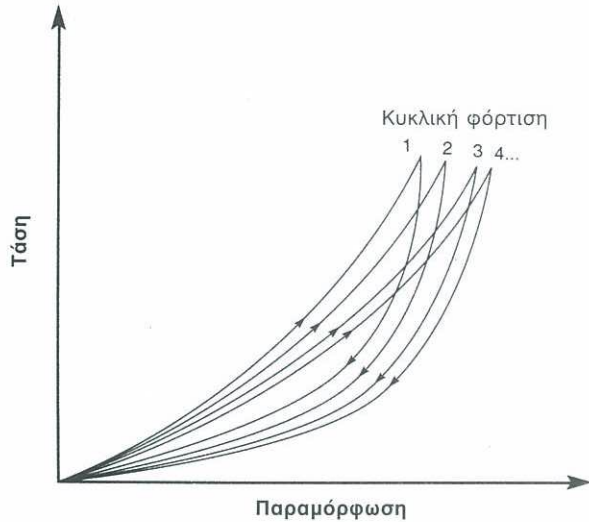


Καταπόνηση (kN)



Εικόνα 8-2

(αρ) Η μέση συμπεριφορά τάσεως των τενόντων του επιπολής καμπτήρος των δακτύλων. (Δεξιά) Η μέση συμπεριφορά τάσεως των τενόντων του εν τω βάθει καμπτήρος του αντίχειρος [Αναπαραγωγή μετά από άδεια των Pring DJ, Amis AA, Coombs RRH: The mechanical properties of human flexor tendons. *J. Hand Surg (Br)* 1985, 10: 335]

**Εικόνα 8-3**

Κατά τη διάρκεια κυκλικής φόρτισης των τενόντων, η καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης σταδιακά μετατοπίζεται προς τα δεξιά. Συνήθως, μετά από 10 κύκλους φόρτισης, οι καμπύλες γίνονται περίπου επαναλαμβανόμενες και σταθερές. [Woo SL-Y, An K-N, Arnoczky DVM, et al: Anatomy, biology, and biomechanics of tendon, ligament, and meniscus. In Simon SR (ed) *Orthopaedic Basic Science*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1994:52.]

του νερού, των ιόντων και των πρωτεογλυκιδίων που δημιουργούν μία διογκωτική πίεση. Αυτή δημιουργείται από τα πρωτεογλυκίδια που εγκλωβίζονται στη μήτρα του κολλαγόνου και τα οποία απορροφούν νερό και διογκώνονται. Αφού εγκλωβίζονται μέσα σε μία ισχυρή μήτρα (πλέγμα) και μπορούν να διογκωθούν μόνο κατά το ένα πέμπτο του όγκου του φυσιολογικού ελευθέρου διαλύματος, το αποτέλεσμα είναι πίεση διογκωσης - που δημιουργείται από την αλληλεπίδραση νερού, πρωτεογλυκιδίων - και στην οποία φέρνουν αντίσταση οι διατακτικές ιδιότητες της μήτρας του κολλαγόνου. Η φυσικοχημική αιτία για αυτή τη διογκωτική πίεση προέρχεται από την ιοντισμένη φύση του πρωτεογλυκιδιακού συστατικού. Τα πρωτεογλυκίδια περιέχουν ομάδες SO_3 και COO τοποθετημένες σε διαστήματα του 10-15 Angstroms. Αυτά τα αρνητικά φορτία, για να διατηρήσουν την ηλεκτρική της ουδετερότητα, χρειάζεται να αλληλεπιδράσουν με θετικά φορτία ιόντων ηλεκτρολυτών μέσα στο διάλυμα. Η συγκέντρωση αυτών των φορτίων απαιτεί η συνολική συγκέντρωση ιόντων στα πρωτεογλυκίδια να είναι μεγαλύτερη από αυτή στο εξωτερικό λουτρό του διαλύματος. Η διογκωτική πίεση που προέρχεται από αυτά τα ιόντα είναι γνωστά σαν *Δοννάνειος ωσμωτική πίεση*. Η στενή επαφή αυτών των φορτισμένων ομάδων που είναι προσκολλημένες στα πρωτεογλυκιδιακά μόρια δημιουργεί επίσης δυνάμεις απώθησης (άπωσης) εξαιτίας όμοιου φορτίου, που συμβάλλουν στη δημιουργία της διογκωτικής πίεσης που επιφέρει μια χημική διασταλτική τάση. Η συνολική διογκωτική πίεση είναι το άθροισμα της *Δοννάνειου ωσμωτικής πίεσης* και της χημικής διασταλτικής τάσης που εξουδετερώνεται από την τάση που δημιουργείται στη στερεά μήτρα. Ειδικότερα, αυτή η αντίσταση είναι γνωστή ως ελαστική σκληρότητα (δυσκαμψία) ή ο *συντελεστής όγκου* (μάζα) της στερεάς μήτρας. Η συνολική διογκωτική πίεση έχει υπολογιστεί ότι είναι 0,1 έως 0,25 MPa για χόνδρο εξισορροπημένο μέσα σε φυσιολογικό ορό.

Η βλάβη στο κολλαγόνο ή στα πρωτεογλυκιδιακά συστατικά της μήτρας μπορεί να διακυβεύσει σοβαρά τις μηχανι-

κές ιδιότητες του χόνδρου. Η βλάβη της μήτρας κολλαγόνου θα δημιουργήσει διογκωση (αύξηση του όγκου από πρόσληψη νερού) και η απώλεια πρωτογλυκιδίων μπορεί να οδηγήσει επίσης σε διογκωση γιατί είναι περισσότερος χώρος διαθέσιμος για την εξάπλωση του νερού και των πρωτεογλυκιδίων. Ακόμα και λεπτές αλλαγές σε αυτήν την αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο φάσεων της μήτρας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές των μηχανικών ιδιοτήτων. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια των αρχικών οστεοαρθρικών μεταβολών, η αύξηση της ενυδάτωσης του χόνδρου είναι ένα συνηθισμένο εύρημα.

Μαζί με τη διογκωτική πίεση, η αντίσταση στην τριβή της διάμεσης ροής παρέχει χόνδρο με ένα μεγάλο μέρος από τις εξολεαστικές του ιδιότητες. Λειτουργικά αυτό σημαίνει ότι όταν ένα πρηνές πίεσης (μία πίεση υπό κλίση) εξασκείται πάνω στον χόνδρο, το νερό έχει την ικανότητα να ρέει μέσα από τη μήτρα με τον ίδιο τρόπο που το νερό ρέει από ένα σπόγγο, όταν ο σπόγγος συμπιέζεται. Η στάση σε αυτή τη ροή βασίζεται σε έναν αριθμό παραγόντων, όπως το πορώδες που εκφράζεται ως συντελεστής διαπερατότητας (ή αντίστροφα) σαν συντελεστής τροχοπέδης της διάτασης). Ο χόνδρος παρουσιάζει ένα πολύ μεγάλο drag συντελεστή (τροχοπέδης), που υποδεικνύει ότι απαιτούνται υψηλές πιέσεις για να κινηθεί το νερό μέσα από τον χόνδρο.

Η διαπερατότητα του χόνδρου είναι μη γραμμική. Αυτό σημαίνει ότι όσο ο χόνδρος συμπιέζεται τόσο μειώνεται η διαπερατότητά του. Αυτό οφείλεται σε μείωση της περιεκτικότητας σε νερό και του πορώδους καθώς και σε αυξημένη πυκνότητα αρνητικού φορτίου.

ΙΞΟΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΧΟΝΔΡΟΥ

Ο αρθρικός χόνδρος εμφανίζει συμπεριφορά που επηρεάζεται από τον χρόνο όταν φορτίζεται ή παραμορφώνεται. Στο χόνδρο υπάρχουν μηχανισμοί για αυτήν του τη συμπεριφορά που εξαρτώνται από τη ροή ή δεν εξαρτώνται από τη ροή. Η συμπεριφορά του χόνδρου υπό τη επίδραση συμπίεσης περιγράφεται καλύτερα ως εξαρτώμενη από την ροή ενώ η συμπεριφορά στη διάτμηση περιγράφεται ως ανεξάρτητη από τη ροή. Οι ιδιότητες αφελευσμού είναι ένας συνδυασμός των δύο.

ΙΞΟΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΗ ΡΟΗ

Όταν μια σταθερή, συμπίεστική τάση εφαρμόζεται στο χόνδρο, η παραμόρφωση θα αυξάνεται και με τον καιρό θα εμφανίσει συμπεριφορά ερπησμού, μέχρι να δημιουργηθεί μία ισορροπία. Θα παρουσιάσει επίσης χαλάρωση από την τάση, και αφού παραμορφωθεί μέχρι μία σταθερή καταπόνηση, η τάση θα χαλαρώσει με τον καιρό σε μια τιμή ισορροπίας. Αυτή η συμπεριφορά βασίζεται στη ροή του υγρού και τη διατήρηση σταθερής ατμοσφαιρικής πίεσης. Όταν ένα σταθερό φορτίο εφαρμόζεται πάνω στον χόνδρο με αποτέλεσμα τον ερπησμό, η ροή του υγρού έχει σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή, μη γραμμική μεταφορά του φορτίου από την υγρή φάση στη στερεά φάση. Στον ανθρώπινο χόνδρο, αυτό απαιτεί συνήθως από 2,8 έως 5,6 ώρες ανάλογα με τις συνθήκες φόρτισης. Ο ανθρώπινος χόνδρος παρουσιάζει μια σειρά από χαρακτηριστικά συμπίεσης που εξαρτώνται από την τοποθεσία και άλλους παράγοντες. Το μέτρο 0 συντελεστής του συμπίεστικού σκόλου αναφέρεται ότι κυμαίνεται από 0,4 έως 1,5MPa. Ο χόνδρος εμφανίζει ένα συντελεστή του Poisson (το μέτρο του κατά πόσο ένα υλικό εκτείνεται ή διογκώνεται όταν συμπιέζεται ή συστέλλεται, όταν διατείνεται) που κυμαίνεται από 0,0 έως 0,1 στους ανθρώπους και έως 0,4 στα ζώα. Εξαιτίας του μεγάλου χρόνου ισορροπίας, ο χόνδρος σχεδόν ποτέ δεν βρίσκεται σε ισορροπία σε φυσιολογικές συνθήκες φόρτισης. Επομένως η πίεση του υγρού είναι ο κύριος μηχανισμός φόρτισης στον χόνδρο.

εφαρμογή βιοδιασπώμενων πολυμερών, όπως το πολυγαλακτικό οξύ γι' αυτές τις εφαρμογές, παρ' όλο που αυτά τα υλικά προτάθηκαν για πρώτη φορά 20 χρόνια πριν. Συνεχίζεται να γίνεται έρευνα για τη χρήση ποικίλων ουσιών για κόλληση και συγκολλητικών παραγόντων για την οστική σταθεροποίηση. Κάθε υλικό έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, όπως η αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας (σκληρότητα), η αντίσταση στη διάβρωση και η ευκολία στην απεικόνιση της απεικόνισης του μαγνητικού συντονισμού και της υπολογιστικής τομογραφίας.

Η σταθεροποίηση με σύρματα, που χρησιμοποιούνται ως περικύκλωση ή οστική συρραφή είναι μια συνηθισμένη εφαρμογή. Και στις δυο περιπτώσεις, χρειάζονται πολλαπλά σύρματα για να δημιουργήσουν σταθερή, τριδιάστατη σταθεροποίηση. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να επιτευχθεί ισοδύναμη τάση κατά την έκταση, αφού η χαλάρωση σε μία ή περισσότερες περιοχές μπορεί να δημιουργήσει μια θέση κίνησης και πιθανής μη-πώρωσης ή να οδηγήσει σε μη ορθή επανατοποθέτηση. Προβλήματα στη σταθεροποίηση με σύρματα αποτελούν η αναγκαιότητα και η χειρουργική πολυπλοκότητα του σχηματισμού μιας οστικής κοιλότητας και του περάσματος του σύρματος, σπάσιμο κατά τη διάταση ή αργότερα εξαιτίας της κόπωσης (κυκλική φόρτιση) και κόψιμο του οστού στα δύο. Στην εφαρμογή της περικύκλωσης χρειάζεται προσοχή να μην καταστραφεί η παροχή αίματος του περιosteού που θα έχει σαν αποτέλεσμα αυξημένο χρόνο αποκατάστασης που απαιτείται για την επαναγγείωση.

Μερικά νέα επιτεύγματα είναι τα εργαλεία για τη διάταση/περιέλιξη και η χρήση συστημάτων πτύχωσης για να αποφευχθούν τα προβλήματα κατά την περιέλιξη και το δέσιμο κόμπων. Υπάρχουν επίσης μη μεταλλικά πολυμερή (spectra: Dupont Wilmington, DE) που δεν τεντώνονται όπως τα παραδοσιακά υλικά συρραφής και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μ' ένα στηρικτικό σύστημα ραφής ώστε να εξαλείψουν τη δυσκολία της δημιουργίας θηλειάς σε μία ραφή μέσα από το οστό.

Οι συνδετήρες μόνοι συνήθως δεν προσδίδουν επαρκή μηχανική σταθερότητα για μόνιμη σταθεροποίηση και η χρήση τους συχνά απαιτεί κοιλότητες δημιουργημένες με τρόχισμα για τα άκρα του συνδετήρα. Συνδετήρες καθοδηγούμενοι με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συγκρατήσουν τα αποσπασμένα τμήματα γρήγορα, πριν από μία περισσότερο άκαμπτη σταθεροποίηση, απαιτείται όμως προσεκτικός έλεγχος της καθοδηγητικής δύναμης ένθεσης ώστε να προληφθεί η άπρεπη καταστροφή του οστού. Έχουν σχεδιαστεί κάποια είδη συνδετήρων που μπορούν να επηρεάσουν τη συμπίεση κατά τη διάρκεια της ένθεσης, όπως συνδετήρες με προκεκαμμένα άκρα συνδετήρων ή κατασκευές από nitinol (ένα κράμμα που αλλάζει σχήμα όταν ζεσταθεί στη θερμοκρασία του σώματος).

Τα σύρματα του kirschner χρησιμοποιούνται συνήθως για να συγκρατήσουν αποσπασμένα τμήματα πριν από την άκαμπτη σταθεροποίηση και για διαδερμικό κράτημα, γενικά όμως έχουν έλλειψη επαρκούς μηχανικής σταθερότητας για τη χρήση τους ως πρωταρχική σταθεροποίηση.

Χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν τουλάχιστον δύο για κάθε οστικό θραύσμα και για να προληφθεί "η δημιουργία εμβόλου" στο θραύσμα δεν θα έπρεπε να εισάγονται σε παράλληλη φορά. Οι συσπειρωμένες καρφίδες παρέχουν πρόσθετη σταθεροποίηση γιατί ελαχιστοποιούν την ολίσθηση των οστικών θραυσμάτων, η αφαίρεση τους όμως είναι δυσκολότερη. Περιστασιακά, η χρήση καρφιδίων χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με συρραφή σε μορφή θηλειάς γύρω από τα άκρα της καρφίδας. Αυτή η τεχνική τύπου "ταινιάς ελκυσμού" παρέχει σημαντικά αυξημένη μηχανική σταθερότητα.

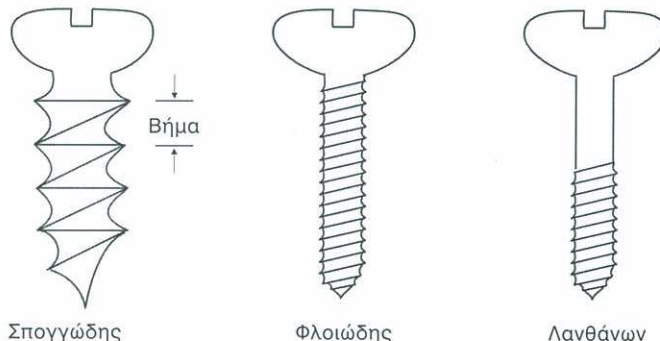
Οι κυριότεροι εγγενείς παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη συγκράτησης ενός κοχλίου είναι η διάμετρος του εξωτερικού σπειράματος, η διαμόρφωση και το μήκος. Εξωτερικοί παράγοντες είναι η ποιότητα του οστού, το είδος και ο

προσανατολισμός της ένθεσης του κοχλίου και της ροπής στρέψης που τον καθοδηγεί. Οι βασικοί τύποι κοχλίου είναι οι φλοιώδεις και οι σπογγώδεις, που ξεχωρίζουν από τον σχεδιασμό του σπειρώματος. Οι σπογγώδεις κοχλίες έχουν μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα σε παρακείμενες σπείρες (μεγαλύτερα βήματα) και μεγαλύτερη αναλογία της διαμέτρου του εξωτερικού σπειράματος σε σχέση με τη διάμετρο του σώματος (Εικ 11-2). Η εγγενής στηρικτική δύναμη ενός κοχλίου είναι συνάρτηση της διαμέτρου της εξωτερικής σπείρας επί το μήκος των σπειρών της μέσα στο οστό. Όταν χρησιμοποιούνται για να συνενώσουν δύο οστικά θραύσματα μεταξύ τους, οι κοχλίες συνήθως χρησιμοποιούνται σε μορφή υστέρησης, όπου το εγγύς τμήμα του κοχλίου μένει ελεύθερο μέσα στο ένα θραύσμα (είτε χρησιμοποιώντας έναν κοχλία σχεδιασμένο χωρίς εγγύς σπείρες ή με αύξηση του μεγέθους της κοιλότητας προς το εγγύς, πράγμα που θα απαιτούσε τη χρήση ενός δακτυλίου κάτω από την κεφαλή του κοχλίου για ικανοποιητική στήριξη). Η ροπή στρέψης κατά την ένθεση είναι η δύναμη με την οποία τα οστικά θραύσματα συγκρατούνται μεταξύ τους και δημιουργεί την τριβή που εμποδίζει την κίνησή τους. Ο έλεγχος της ροπής στρέψης (κοχλιοστρόφιο που μειώνει τη ροπή στρέψης) είναι σημαντικός για να εμποδίσει την απογύμνωση του οστού ή τη φθορά της κεφαλής του κοχλίου.

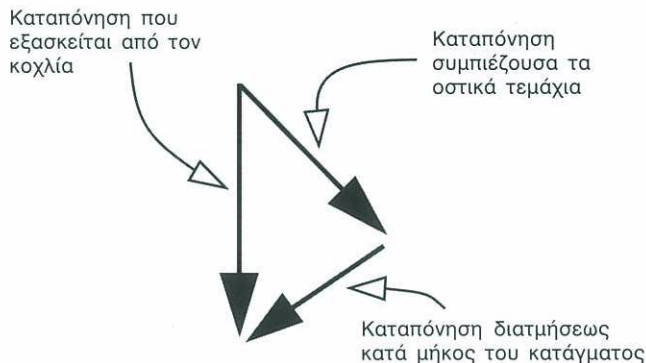
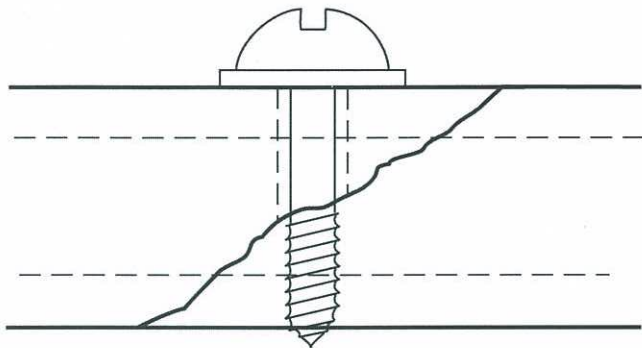
Οι ανατομικοί περιορισμοί ή η χειρουργική αποκάλυψη μπορούν να εμποδίσουν την είσοδο του κοχλίου κάθετα προς τον επιμήκη άξονα του οστού. Επιπλέον ο προσανατολισμός των χιλιών των οστικών θραυσμάτων δεν είναι πάντοτε κάθετος στον άξονα του κοχλίου. Σε αυτές τις περιπτώσεις η συγκρατητική δύναμη του κοχλίου μειώνεται και δημιουργείται μία συνισταμένη διάτμηση της δύναμης στήριξης που με τη δράση της αποσταθεροποιεί την ευθυγράμμιση (Εικ. 11-3). Η χρήση βιολόγου, συνήθως δεν είναι απαραίτητη και έχει μειωμένη επίδραση στην ικανότητα συγκράτησης. Πολλοί κοχλίες αυτοβιδώνονται εξαιτίας μιας παραλλαγής στον σχεδιασμό των οδηγών σπειρών. Συνήθως απαιτούνται δύο ή περισσότεροι κοχλίες για τη λειτουργία όμως για κάποιες εφαρμογές ένας κοχλίας προτείνεται εάν μπορεί να επιτευχθεί επαρκής προσέγγιση των σπειρών ώστε να δημιουργήσει ικανοποιητική τριβή ανάμεσα στις επιφάνειες του οστού για σταθεροποίηση.

Η ποιότητα του οστού επίσης καθορίζει την ικανότητα συγκράτησης του κοχλίου. Το φλοιώδες οστό είναι περίπου 10 φορές ισχυρότερο από το σπογγώδες οστό. Το πάχος του φλοιού και ο βαθμός της οστεοπενίας (η οστική πυκνότητα) είναι κρίσιμα για την ισχύ της σταθεροποίησης και επηρεάζουν τον αριθμό των κοχλίων που απαιτούνται για ικανοποιητική σταθεροποίηση. Η χρησιμοποίηση κοχλίων με διέλευση διαμέσου δύο φλοιών τρόπο αυξάνει ικανοποιητικά την ισχύ της σταθεροποίησης.

Οι ανατομικοί περιορισμοί μειώνουν τον αριθμό και το



Εικόνα 11-2
Τύποι κοχλίων.

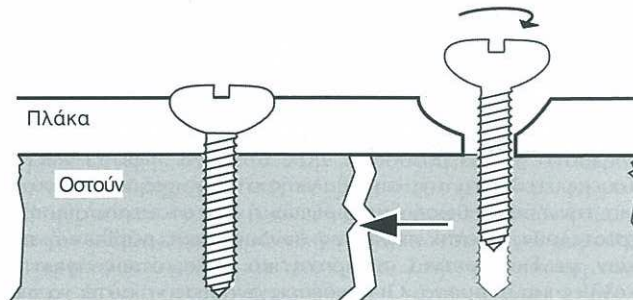


Εικόνα 11-3

Συγκράτηση του κοχλία και δυνάμεις που δρουν στο κάταγμα.

μέγεθος των κοχλίων που μπορούν να εφαρμοστούν σε μια ορισμένη περιοχή. Ως αποτέλεσμα οι κοχλίες συχνά συνδυάζονται με ελάσματα ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική σταθερότητα και αυξημένη ισχύς σταθεροποίησης. Η καλύτερη θέση για την εφαρμογή ενός μοναδικού ελάσματος είναι η πλευρά του οστού που δέχεται την τάση. Συνήθως εφαρμόζονται δύο ελάσματα για να επιτευχθεί καλύτερη σταθεροποίηση. Εξαιτίας ανατομικών περιορισμών όπως το πάχος των μαλακών ιστών, μερικές φορές χρησιμοποιούνται λεπτότερα ελάσματα όπως για παράδειγμα για τη σταθεροποίηση στο κάταγμα του αντιβραχίου, αυτά τα ελάσματα όμως είναι επαρκώς σκληρά (συνάρτηση του πλάτους επί το ύψος στο τετράγωνο) για να προλάβουν ανεπιθύμητη κίνηση του κατάγματος που προέρχεται από φορτία κάμψης. Οι κοχλίες πρέπει να βιδώνονται με κοχλιοστρόφιο και το σφίξιμο όλων των κοχλίων να επανελέγχεται. Εάν δεν γίνεται αυτό, ένας κοχλίας μπορεί να σηκώσει το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου και πιθανό να φθαρεί. Μερικά ελάσματα χρησιμοποιούν μια ειδικά σχεδιασμένη οπή εισόδου του κοχλία που είναι βυθισμένο ώστε να προσαρμόζεται η κεφαλή του κοχλία η οποία είναι έκκεντρη, ώστε να επιτυγχάνεται με εσωθραυσμάτια συμπίεση όσο ο κοχλίας σφίγγει (Εικ. 11-4). Μία εναλλακτική λύση είναι τα προκεκαμμένα πριν από την τοποθέτηση ελάσματα, έτσι ώστε όταν τεντώνονται τα οστικά θραύσματα πλησιάζουν όσο το έλασμα ευθυγραμμίζεται. Μερικοί νέοι σχεδιασμοί ελασμάτων χρησιμοποιούν συσπειρωμένες οπές για να συγκρατούν τον κοχλία, έτσι ώστε η διά δύο φλοιών ένθεση του κοχλία δεν είναι τόσο σημαντική για τη μέγιστη σταθεροποίηση της στερέωσης.

Τα ελάσματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να συνδέσουν ρωγμές που δημιουργούνται από σοβαρά κατάγματα ή χειρουργική όγκων και χρησιμοποιούνται συχνά με οστικά μοσχεύματα σε αυτήν την εφαρμογή. Αν το μόσχευμα δεν έχει το επακριβές μέγεθος, το έλασμα θα μετα-



Εικόνα 11-4

Οπή στην πλάκα σχεδιασμένη για συμπίεση του κατάγματος.

φέρει ολόκληρο το φορτίο στην άλλη πλευρά της οστικής ατέλειας (κάθετα προς την ατέλεια). Η ροπή κάμψης στη στερέωση ελάσματος – κοχλίου αυξάνεται γραμμικά ανάλογα με το μέγεθος της οστικής ατέλειας και απαιτεί επαρκή σταθεροποίηση ιδιαίτερα στο περισσότερο φωτισμένο εγγύς άκρο όπου χρειάζονται τουλάχιστον 3 κοχλίες. Ελάσματα με πολλές οπές επιτρέπουν καλύτερες οστικές θέσεις για τη μηχανική δύναμη των κοχλίων και θα έπρεπε να επιτρέπουν τη στήριξη του μοσχεύματος με τουλάχιστον δύο επιπλέον κοχλίες.

Ο μεγαλύτερος προβληματισμός για τη χειρουργική χρήση ελασμάτων είναι ότι απαιτείται μεγαλύτερη αποκάλυψη και υπάρχει πιθανότητα για καταστροφή της παροχής αίματος από το περίοστεο (μερικά ελάσματα έχουν σχεδιαστεί με μικρότερα άκρα ή ακμές (κορυφές)) για να μειώσουν αυτή την πιθανότητα. Υπάρχει επίσης ενδιαφέρον για τα ελάσματα πολυμερούς που είναι πιο εύκαμπτα ώστε να πετύχουν μεγαλύτερο βαθμό μικροκίνησης που είναι πλεονεκτική για την οστική αποκατάσταση και μειώνει τη θωράκιση των τάσεων.

Οι κατασκευές για τα κατάγματα του ισχίου μπορούν να εφαρμοστούν εσωτερικά ή εξωτερικά το πιο συνηθισμένο εξωτερικό μηχάνημα είναι μία πλάκα προσαρτημένη στο μοιραίο οστό που υποστηρίζει έναν εσωτερικό, ολισθόνοντα κοχλία υστέρησης από το ένα μέχρι το άλλο άκρο του αυχένα εγκαρσίως του κατάγματος. Η σχέση των βιομηχανικών δυνάμεων που δημιουργούνται από το μηχάνημα και από το οστό (που δέχονται βάρη) επηρεάζουν την αποκατάσταση του κατάγματος και την επιβίωση του μηχανήματος. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η ικανότητα του μηχανήματος να ολισθαίνει ώστε να σταθεροποιείται το κάταγμα κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Οι εσωτερικές κατασκευές για τη σταθεροποίηση είναι συνήθως ενδομυελικοί (IM) ήλοι (καρφιά) και σε σύγκριση με τις εξωτερικές κατασκευές, δέχονται λιγότερες δυνάμεις εξαιτίας της τοποθέτησής τους εγκύτερα στον ουδέτερο άξονα κάμψης του οστού. Το μέγεθος τους έχει μεγάλη σημασία αφού η σκληρότητα κατά την κάμψη είναι ανάλογη του κύβου της διαμέτρου για στρέψη στην τέταρτη δύναμη. Γι' αυτό ένας μεγάλος ήλος (καρφί) παρέχει περισσότερο σταθερή στερεοποίηση από ό,τι πολλαπλά μικρότερα ραβδία. Το μέγεθος, ο βαθμός καμπυλότητας και ο βαθμός διεύρυνσης είναι επίσης σημαντικά αφού η σταθερότητα της στερεοποίησης εξαρτάται από τη μεταφορά φορτίων στο οστό. Οι άνω και εγγύς κοχλίες συχνά χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τη σταθερότητα στρέψεως. Η κάμψη του ύλου κατά την εισαγωγή του σε μια κυρτή μυελική κοιλότητα δημιουργεί δυσκολίες στην έκθεση αυτών των άπω κοχλίων. Εξωτερικές κατασκευές στερεοποίησης χρησιμοποιούνται επίσης για τη σταθεροποίηση των καταγμάτων, πολλαπλές διαδερμικές καρφίδες εισάγονται μέσα στον οστόν και σταθεροποιούνται με μία εξωτερική ράβδο ή δακτύλιο. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα είναι ο

Η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης αποτελείται από πέντε σπονδύλους και το ιερό οστόν είναι φτιαγμένο από επτά σπονδυλικά τμήματα με μια δυνατότητα παραλλαγής ως προς την ιεροποίηση του L5 (η πιο συνηθισμένη) ή την οσφυοποίηση του S1. Τα οσφυϊκά σπονδυλικά σώματα είναι μεγαλύτερα από τα σώματα των θωρακικών σπονδύλων και αυξάνονται σε μέγεθος από τον L5 έως τον L5. Οι θηλοειδείς αποφύσεις προβάλλουν πίσω και πλάγια από την ουραία περιοχή της άνω αρθρικής γλήνης. Οι εγκάρσιες αποφύσεις είναι λεπτές και μακριές με εξαίρεση τον πέμπτο οσφυϊκό σπόνδυλο. Η διάταξη της σπονδυλικής στήλης είναι γενικά ευθεία από τη μετωπιαία άποψη, όμως μια κανονική αλληλουχία από λорδωτικές και κυφωτικές καμπύλες παρατηρείται στο οβελιαίο επίπεδο. Οι πρωταρχικές κυφωτικές καμπύλες διατηρούνται στη θωρακική και στην ιερή μοίρα κατά την ενηλικίωση, όμως στην αυχενική και την οσφυϊκή μοίρα δημιουργούνται δευτερογενείς λорδωτικές καμπύλες σαν ανταπόκριση στον τρόπο της στάσης του σώματος στο κάθισμα και στην όρθια στάση. Φυσιολογικά, οι αυχενικοί σπόνδυλοι διατάσσονται με 15 έως 25 μοίρες λорδωσης. Η φυσιολογική θωρακική κύφωση είναι 20 με 50 μοίρες και η τυπική οσφυϊκή λорδωση είναι 45 με 60 μοίρες. Η άκρη της θωρακικής κύφωσης είναι τυπικά κοντά στον T7 και η άκρη της οσφυϊκής λорδωσης είναι τυπικά στον L3. Τα 2/3 της οσφυϊκής λорδωσης εμφανίζονται από τον L4 έως το ιερό οστόν. Σε αντίθεση με τη θωρακική κύφωση που προέρχεται κυρίως από ελαφρά ενσφήνωση των σπονδύλων σωμάτων, το μεγαλύτερο μέρος της οσφυϊκής λорδωσης εμφανίζεται στα διαστήματα των δίσκων.

Ουδέτερη οβελιαία ευστάθεια ορίζεται ως ο οβελιαίος κατακόρυφος άξονας (μια κατακόρυφη γραμμή που ξεκινάει από το σπονδυλικό σώμα του C7 και προχωράει προς τα κάτω), διχοτομώντας την άνω πίσω γωνία του σπονδυλικού σώματος του S1. Η ιερή απόκλιση ή κλίση (η γωνία μεταξύ της κατακόρυφης γραμμής και μιας γραμμικής παράλληλης στο πίσω μέρος του κεντρικού ιερού) είναι περίπου 50 μοίρες.

Ο προσανατολισμός των γληνοειδών αρθρώσεων είναι ένας πολύ σημαντικός παράγων για το φάσμα της κίνησης σε κάθε επίπεδο της σπονδυλικής στήλης. Οι τυπικές αυχενικές (C2-C7) γληνοειδείς αρθρώσεις είναι προσανατολισμένες 45 μοίρες στο οβελιαίο επίπεδο και 0 μοίρες στο μετωπιαίο επίπεδο. Σε κάθε γληνοειδή άρθρωση, η άνω αρθρική απόφυση (του ουραίου σπονδύλου) είναι τοποθετημένη πρόσθια και κάτω από την κάτω αρθρική απόφυση (του κρανιακού σπονδύλου). Η μισή από την αυχενική περιστροφή γίνεται στο επίπεδο C1-2 και η μισή από την αυχενική κάμψη-έκταση γίνεται στο επίπεδο του ινίου C1. Μικρότερες αναλογίες κάμψης-έκτασης, περιστροφής και άπω κλίσης εμφανίζονται τμηματικά από τον C2 στον C7.

Ο προσανατολισμός των θωρακικών γληνών είναι πολύ κοντά στο μετωπιαίο επίπεδο και περίπου 60 μοίρες από το οριζόντιο, στο οβελιαίο επίπεδο. Αυτός ο προσανατολισμός επιτρέπει την κίνηση στο μετωπιαίο επίπεδο (άνω κλίση) και γύρω από τον οβελιαίο άξονα (περιστροφή) και τον εγκάρσιο άξονα (κάμψη-έκταση), που περιορίζεται κυρίως από τους περιορισμούς του πλευρικού κλώβου. Ο προσανατολισμός των αυχένων των τόξων των σπονδύλων σχηματίζει μια γωνία περίπου 20 μοιρών ουραία στο οβελιαίο επίπεδο.

Οι οσφυϊκές γλήνες είναι προσανατολισμένες κυρίως στο οβελιαίο επίπεδο. Αυτός ο ανατομικός περιορισμός υπαγορεύει το επίπεδο της μεγίστης κίνησης της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, που είναι κάμψη-έκταση. Η περιστροφική κίνηση είναι ελάχιστη, βρίσκονται αντίσταση σ' αυτόν τον προσανατολισμό των γληνών. Για κάθε οσφυϊκή γληνοειδή άρθρωση, η άνω αρθρική απόφυση (του ουραίου σπονδύλου) βρίσκεται άπω και μπροστά από την κάτω αρθρική απόφυση (του κεφαλικού σπονδύλου). Ο ανατομικός άξονας των οσφυϊκών αυχένων των τόξων των σπονδύλων κατευθύνεται σταδιακά περισσότερο προς τα εγγύς (από πίσω

προς τα εμπρός) από τον I1 έως τον I5, με τον I5 να κατευθύνεται περίπου 30 μοίρες προς τα εγγύς. Στο οβελιαίο επίπεδο, οι αυχένες των τόξων των σπονδύλων έχουν προσανατολισμό κάθετο στον επιμήκη άξονα των σπονδυλικών σωμάτων (παράλληλα στα ακραία πέταλα των σπονδύλων).

ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

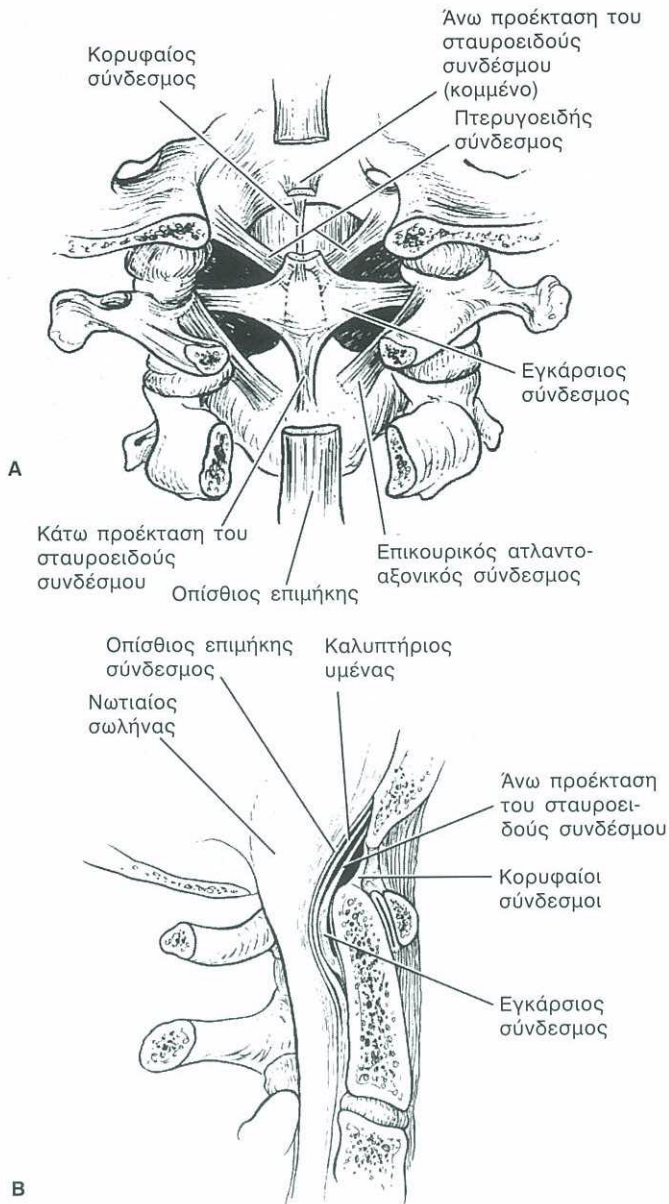
Εξειδικευμένοι σύνδεσμοι στο αξοντο-ινιακό επίπεδο περιλαμβάνουν τους δυο αρθρικούς υμένες (πρόσθιο και οπίσθιο) επιπωματικό υμένα και τον καλυπτήριο υμένα, που είναι η κεφαλική επέκταση του οπίσθιου επιμήκη συνδέσμου. Εξειδικευμένοι συνδεσμικοί σύνδεσμοι στον οδόντα περιλαμβάνουν τον κεντρικά τοποθετημένο κορυφαίο σύνδεσμο, το ζεύγος των πτερυγοειδών ή 'ανασταλτικών' συνδέσμων (που κατευθύνονται λοξά από το άκρο του οδόντος προς το ινίο) και της επιμήκεις και κάθετες ταινίες του σταυρωτού συνδέσμου. Στο ατλαντοαξονικό επίπεδο, ο εγκάρσιος σύνδεσμος είναι ο κυριότερος σταθεροποιητής. Εκτείνεται από τη μία πλάγια μάζα του C1 στην άλλη, πίσω από τον οδόντα (Εικ. 13-2). Η πλάγια ταινία του σταυρωτού συνδέσμου συμβάλλει επίσης στη σταθεροποίηση σε αυτό το επίπεδο.

Στην υποαξονία αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, τα σώματα των σπονδύλων συνδέονται μεταξύ τους με τον ισχυρότερο πρόσθιο επιμήκη σύνδεσμο (ALL) και τον ασθενέστερο οπίσθιο επιμήκη σύνδεσμο (PLL). Ο ωχρός ή μεσοτόξιος σύνδεσμος που είναι ένας ισχυρός κίτρινος ελαστικός σύνδεσμος που συνδέει τα πέταλα των σπονδυλικών τόξων, εκτείνεται από την πρόσθια επιφάνεια του κεφαλικού πετάλου προς την οπίσθια επιφάνεια του ουραίου πετάλου. Οι επακάνθιοι και μεσακάνθιοι σύνδεσμοι βρίσκονται ραχιαία ή ανάμεσα στις ακανθώδεις αποφύσεις αντίστοιχα. Ο υπακάνθιος σύνδεσμος είναι στη συνέχεια του αυχενικού συνδέσμου, που εκτείνεται από τον C7 έως το ινίο και δρα σαν μία οπίσθια διατακτική ταινία που διατηρεί την όρθια θέση του αυχένα.

Η συνδεμική στήριξη της οπίσθιας θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης περιλαμβάνει κυρίως τους υμένες των γληνοειδών αρθρώσεων, τους υπερακάνθιους (επακάνθιους) και μεσακάνθιους συνδέσμους και τους ωχρούς ή μεσοτόξιους συνδέσμους. Εξειδικευμένη συνδεσμική στήριξη αποτελούν οι αρθρώσεις των πλευρών. Ισχυροί ακτινωτοί σύνδεσμοι συνδέουν την κεφαλή της πλευράς με το θωρακικό σπονδυλικό σώμα. Η κεφαλή της πλευράς συνδέεται επίσης με τις εγκάρσιες θωρακικές αποφύσεις με τη βοήθεια των ισχυρών πλευρεγκαρσίων συνδέσμων.

Συνδεσμικά στηρίγματα με παρόμοιες ονομασίες υπάρχουν και στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Ο πρόσθιος επιμήκης σύνδεσμος (ALL) είναι παχύτερος στο κέντρο και λεπτότερος στην περιφέρεια. Ξεχωριστές συνδεσμικές ίνες εκτείνονται από ένα έως πέντε σπονδυλικά επίπεδα. Ο ασθενέστερος οπίσθιος επιμήκης σύνδεσμος (PLL) έχει σχήμα κλεψύδρας με τα φαρδύτερα (λεπτότερα) τμήματά του πάνω στους μεσοσπονδύλους δίσκους. Η τυπική οπισθοπλάγια κοίλη του μεσοσπονδύλιου δίσκου προκύπτει στην πλάγια επιφάνεια αυτών των διαπλατυνσεων. Ο ωχρός ή μεσοτόξιος σύνδεσμος βρίσκεται ανάμεσα στα πέταλα των σπονδυλικών τόξων με μια πορεία από το μέσον της άνω επιφάνειας του ανώτερου πετάλου στο κεφαλικό άκρο του κατώτερου πετάλου. Η υπερακάνθιοι (επακάνθιοι και μεσοκάνθιοι σύνδεσμοι) προσφέρουν στήριξη και οι μεσεγκάρσιοι σύνδεσμοι εκτείνονται ανάμεσα σε παρακείμενες εγκάρσιες αποφύσεις όμως έχουν μικρή συμβολή τη συνολική σταθερότητα της σπονδυλικής στήλης. Η εξειδικευμένη λαγωνοοσφυϊκή (οσφυολαγώνιο) σύνδεσμοι είναι γεροί σύνδεσμοι που συνδέουν τις εγκάρσιες αποφύσεις του L5 και μερικές φορές του L4 με το οπίσθιο λαγώνιο οστόν. Κατάγματα απόσπασης αυτών των εγκάρσιων αποφύσεων μπορούν να συμβούν σε συνδυασμό με ένα ασταθές κατακόρυφο διαμητικό πυελικό κατάγμα.

Οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι είναι κατασκευασμένοι από



Εικόνα 13-2
 Αυχενικά συνδεσμικά στηρίγματα. (Α). Ινιακές C₂ αρθρώσεις, άποψη οπίσθιας τομής (Β). Άποψη πλαγίας τομής [Αναπαρωγή με την άδεια από Scheider PL, Drenis PE, Kahanovitz: Spinal trauma. In Zuckerman JD (ed): *Orhtopaedic Injuries in the Elderly*. Baltimore: Urban & Schwartzberg;1990:215.]

ινώδη χόνδρο. Ο εξωτερικός δακτύλιος αποτελείται από πολλαπλά πεταλώδη στρώματα εναλλασσόμενα με πλάγια προσανατολιζόμενες ίνες που συνίστανται κυρίως από κολλαγόνο τύπου I. Ο κεντρικός ηκτοειδής πυρήνας έχει περισσότερο ζελατινώδη σύσταση και είναι κατασκευασμένος κυρίως από κολλαγόνο τύπου II. Η διαφορά ανάμεσα στον δακτύλιο και τον πυρήνα γίνεται λιγότερο εμφανής με την πάροδο της ηλικίας.

ΜΥΕΣ

Ο πιο επιφανειακός μυς της πρόσθιας τραχηλικής χώρας είναι το μυώδες πλάτυσμα (νευρούμενο από το κρανιακό νεύρο (CN) VII). Εν τω βάθει (από το μυώδες πλάτυσμα) οι μύες βελονοειδής και διγάζτωρ (CNXII) βρίσκονται πιο κε-

φαλικά από το υοειδές οστόν και οι κάτωθεν του υοειδούς μύες βρίσκονται ουραία. Η ομάδα των κάτωθεν του υοειδούς μιών περιλαμβάνει τα στερνοϋοειδή και των ομοϋοειδή επιφανειακά και τα θυρεοϋοειδή και στερνοθυρεοϋοειδή εν τω βάθει. Όλοι αυτοί οι μύες νευρώνονται από την αυχενική αγκύλη. Ο στερνοκλειδομαστοειδής εκτείνεται (CN XI και την αυχενική αγκύλη) λοξά στα πλάγια του τραχήλου. Ξεκινώντας από τη μαστοειδή απόφυση του κρανίου, ο μύς χωρίζεται σε μία στερνική και μία αυχενική μοίρα για την αντίστοιχη σύνδεση. Η ενέργειά του είναι η κάμψη του τραχήλου στη σύστοιχη πλευρά και η περιστροφή της κεφαλής στην αντίθετη πλευρά.

Οι προσπονδυλικοί μύες περιλαμβάνουν τον επιμήκη τραχυλικό μυ, τον επιμήκη κεφαλικό μυ και τον ορθό κεφαλικό μυ πρόσθιο και πλάγιο. Περισσότερο πλάγιως βρίσκονται οι σκαληνοί μύες (ο πρόσθιος σκαληνός, ο μέσος και ο οπίσθιος).

Το πιο επιφανειακό στρώμα των οπίσθιων σπονδυλικών μιών είναι ο τραπεζοειδής μυς που νευρώνεται από το παραπληρωματικό νεύρο και ο πλατύς ραχιαίος μυς και η οσφυοτοιαία περιτονία, που νευρώνονται από το θωρακοραχιαίο νεύρο. Το ενδιάμεσο μυϊκό στρώμα περιλαμβάνει τον κεφαλικό σπληνιοειδή μυ, τον ημιακανθώδη κεφαλικό μυ, τον κεφαλικό μύκιστο μυ και τον αυχενικό σπληνιοειδή στην αυχενική περιοχή και το ιερωνοτοιαίο σύστημα (ακανθώδης, μύκιστος και λαγωνοπλευρικός) στη θωρακο-οσφυϊκή χώρα. Όλοι αυτοί οι μύες νευρώνονται από τα αντίστοιχα τμήματα των νεύρων.

Οι εν τω βάθει οπίσθιοι μύες του τραχήλου στο άνω μέρος της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης αποτελούν τα όρια του υπιμιακού τριγώνου. Τα τρία μυϊκά όρια περιλαμβάνουν τις άνω και κάτω κεφαλές του πλάγιου κεφαλικού μύος και του ορθίου κεφαλικού οπίσθιου μέγιστου μύος. Τα περιεχόμενα του υπιμιακού τριγώνου είναι η σπονδυλική αρτηρία και ο οπίσθιος κλάδος του πρώτου αυχενικού νεύρου. Το μεγαλύτερο ινιακό νεύρο βρίσκεται πιο επιφανειακά (περισσότερο επιπολής) από το υπινιακό τρίγωνο.

Οι εν τω βάθει μύες της θωρακοσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης περιλαμβάνουν τους ευρείς ημιακανθώδη και πολυσχιδή και τους βραχυτέρους μεσεγκάρσιους περιστροφείς και μεσακάνθιους μύς. Στη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης σε διατομή, η εν τω βάθει μύες είναι προσανατολισμένοι οβελιαία και οι περιστροφείς καλύπτουν τα πέταλα των σπονδυλικών τόξων. Αυτό συμβαίνει σε αντίθεση με την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης όπου οι βραχείς περιστροφείς είναι προσανατολισμένοι κρανιακά και ο πολυσχιδής καλύπτει άμεσα την ακανθώδη απόφυση και το πέταλο του τόξου του σπονδύλου.

ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΜΑΤΟΣ

Οι σπονδυλικές αρτηρίες που είναι οι πρώτοι κλάδοι των υποκλειδίων αρτηριών συνεισφέρουν μόνον το 10-15% της εγκεφαλικής αιματικής ροής· εν τούτοις αποτελούν τη μέγιστη παροχή αίματος σε περισσότερο από το 90% της αυχενικής μοίρας του νωτιαίου μυελού, των νευρικών ριζών, των σπονδύλων και των στηρικτικών ιστών. Η σπονδυλική αρτηρία ανέρχεται διαμέσου των εγκαρσίων τρημάτων των C1-C6 (μπροστά από και όχι διαμέσου του C7) συνοδευόμενοι από την κατερχόμενη σπονδυλική φλέβα (που διέρχεται διαμέσου του εγκαρσίου τμήματος του C7 επίσης). Η διαδρομή της στο εγκάρσιο τρήμα είναι πρόσθια από τις πλάγιες μάζες. Αφού περάσει διαμέσου του τρήματος της εγκάρσιας απόφυσης του άτλαντα, η σπονδυλική αρτηρία οδεύει προς τα εγγύς κατά μήκος της κεφαλικής επιφάνειας του οπίσθιου τόξου του C1 στην αύλακα της σπονδυλικής αρτηρίας. Κατά μήκος της κεφαλικής επιφάνειας, η σπονδυλική αρτηρία παραμένει τουλάχιστον 1,5 cm πλάγιως της μέσης γραμμής, δημιουργώντας ένα ασφαλές πλάγιο όριο για τη διατομή των ιστών, μακριά από την άνω επιφάνεια του οπίσθιου τόξου

Πίνακας 14-1

Διακλαδώσεις της υποκλειδιάς αρτηρίας

Τμήμα	Κλάδοι	Πορεία/Διάφορα
1	Άνω θωρακική αρτηρία	Πρόσθιος οδοντωτός μυς Μείζων θωρακικός μυς
2	Ακρωμιοθωρακική αρτηρία Πλάγια θωρακική αρτηρία	Δελτοειδής μυς Ακρώμιο Θωρακικοί μύες Κλειδικό κλάδοι
3	Υποπλάτια αρτηρία	Πρόσθιος οδοντωτός μυς Θωρακοραχιαία αρτηρία και περισπώμενοι ωμοπλατταίοι κλάδοι (τρίγωνος χώρος) Κεφαλή βραχιονίου
	Πρόσθια περισπώμενη αρτηρία του βραχίονα Οπίσθια περισπώμενη αρτηρία του βραχίονα	Τετράγωνος χώρος

ΑΓΓΕΙΑ

Η υποκλειδία αρτηρία προέρχεται από το αορτικό τόξο στην αριστερή πλευρά και το βραχιοκεφαλικό στέλεχος στη δεξιά πλευρά. Αναδύεται ανάμεσα στον πρόσθιο και στον μέσο σκαληνό μυ μαζί με το βραχιόνιο πλέγμα και μεταπίπτει στη μασχαλιαία αρτηρία καθώς περνάει πίσω από την πρώτη πλευρά. Η μασχαλιαία αρτηρία μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει τρία μέρη τον έσω, τον οπίσθιο και τον έξω, με βάση τη σχέση της με τον ελάσσονα θωρακικό μυ. Ο αριθμός των κλάδων που αναδύονται από κάθε τμήμα αντιστοιχεί στον αριθμό αυτού του τμήματος (Πίνακας 14-1).

ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ

Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια ημικαθιστική θέση. Μία λοξή τομή γίνεται στο μέσο του οπίσθιου ορίου του στερνομαστοκλειδοειδούς και συνεχίζει κεντρικά και περιφερικά και κάμπτεται οριζοντίως αμέσως κάτω από την κλείδα. Μπορεί να επεκταθεί περιφερικά μέσα στο θωρακοδελτοειδές διάστημα εάν χρειάζεται. Το μυώδες πλάτυσμα διαχωρίζεται στην ευθεία της δερματικής τομής και η έξω σφαγίτιδα φλέβα που βρίσκεται πίσω από το στερνοκλειδομαστοειδή, αποσύρεται προς τα έσω ή απολιώνεται. Το βραχιόνιο πλέγμα βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη φλέβα ανάμεσα στον πρόσθιο και τον μέσο σκαληνό, στο βάθος της περιτονίας. Το παραπληρωματικό νεύρο βρίσκεται επιφανειακά στην κορυφή της τομής και χρειάζεται να προστατευθεί. Τα υπερπλάτια αγγεία που βρίσκονται προς τα κάτω κοντά στην κλείδα συνήθως απολιώνονται, όπως και τα εγκάρσια αυχενικά αγγεία που διασταυρώνονται με το πλέγμα στο οπίσθιο τρίγωνο. Ο ωμοϋοειδής μυς διασταυρώνεται με το βραχιόνιο πλέγμα λοξά και διαχωρίζεται και αποκαθίσταται αργότερα.

Η κλείδα αποκαλύπτεται υποπεριοριστικά. Γίνεται οστεοτομία στο μεσαίο τρίτο που απομακρύνεται και ο τραπεζοειδής και ο μείζων θωρακικός αποσύρονται άνω και κάτω αντίστοιχα. Ο υποκλειδός μυς επίσης ελευθερώνεται και κατασπάται. Ολόκληρο το βραχιόνιο πλέγμα και η μασχαλιαία αρτηρία τώρα έχουν αποκαλυφθεί. Σταθεροποίηση της κλείδας με εσωτερική οστεοσύνθεση εκτελείται στο τέλος της διαδικασίας. Εξαιτίας της εκτεταμένης διατομής μαλακών μορίων και της φτωχής αιματικής παροχής αίματος της κλείδας, η τεχνική αυτή φέρει σημαντική πιθανότητα ψευδάρθρωσης.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Millesi H: Brachial plexus injuries. In Jupiter JB, Flynn EJ (eds): *Flynn's Hand Surgery*, 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1991:460.
- Netter FH: Part I: Anatomy, physiology, and metabolic disorders. Brachial plexus. In *The Ciba Collection of Medical Illustrations*, vol 8. Summit, NJ: Ciba-Geigy; 1991:28-29.

ΩΜΟΣ, ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ, ΑΓΚΩΝΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΒΡΑΧΙΟΝΙΟ

Jordan A. Simon, James W. Cahill, Andrew S. Rokito

ΩΜΟΣ

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΩΜΟΥ

Ο ώμος αποτελείται από τρεις κινητές αρθρώσεις: τη γληνοβραχιόνια, την ωμοπλατοθωρακική και την ακρωμιοκλειδική άρθρωση. Η συνδυασμένη κίνηση αυτών των τριών αρθρώσεων επιτρέπει τη μέγιστη κινητικότητα του ώμου.

Οστεολογία

Η ωμοπλάτη είναι ένα επίπεδο οστού που το σχήμα του μοιάζει με ανεστραμμένο τρίγωνο. Η ωμοπλατιαία άκανθα χαρίζεται τη ραχιαία επιφάνεια στον υπερακάνθιο και υπακάνθιο βόθρο. Το ακρώμιο είναι η πλάγια επέκταση της ωμοπλατιαίας άκανθας που αρθρώνει με το πλάγιο χείλος της κλείδας στην ακρωμιοκλειδική άρθρωση. Η κορακοειδής απόφυση είναι μια πρόσθια προέκταση της ωμοπλάτης σε σχήμα αγκίστρου, εντοπισμένη προς τα εγγύς της ωμογλήνης. Η κορακοειδής απόφυση χρησιμεύει ως σημείο πρόσφυσης για αρκετούς μυς και συνδέσμους. Το γληνοειδές βοθρίο είναι στραμμένο προς τα έξω πλάγιως και ελαφρά προς τα εμπρός. Το υπεργλήνιο και το υπογλήνιο φύμα παρέχουν σημεία πρόσφυσης για τη μακρά κεφαλή του δικεφάλου και τρικεφάλου μυός, αντίστοιχα. Η ωμογλήνη είναι σχετικά αβαθής και βαθύνεται από τον περιβάλλοντα ινοχόνδρινο (γληνοειδή) επιχείλιο χόνδρο. Η ωμοπλατιαία εντομή που βρίσκεται στην άνω επιφάνεια της ωμοπλάτης και προς τα εγγύς του γληνοειδή αυχένα περιορίζεται προς τα επάνω από τον εγκάρσιο ωμοπλατιαίο σύνδεσμο.

Αρθρώσεις

Η ωμοπλατοθωρακική άρθρωση βρίσκεται ανάμεσα στον υποπλάτιο μυ και τον πρόσθιο οδοντωτό μυ. Δεν υπάρχει οστική άρθρωση. Η ωμοπλάτη υποστηρίζεται από πίσω από την πρόσφυση του ανελκτήρα της ωμοπλάτης, το μείζονα και τον ελάσσονα ρομβοειδή προς το εγγύς όριο της ωμοπλάτης και από τον τραπεζοειδή μυ προς την ωμοπλατιαία άκανθα. Η κλείδα δρα σαν υποστήριγμα προς τα εμπρός με την ακρωμιοκλειδική άρθρωση και τους κορακοκλειδικούς συνδέσμους. Η ακρωμιοθωρακική άρθρωση επιτρέπει τρεις βαθμίδες ελευθερίας: προέκταση, ανάκλιση, σύσπασση, ανύψωση, χαμήλωμα, συμπίεση και περιστροφή.

Η γληνοβραχιόνια άρθρωση είναι μια αβαθής ενάρθρωση (ή σφαιροειδής άρθρωση). Η ινώδης κάψα της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης ενισχύεται από τους άνω, μέσο και κάτω γληνοβραχιόνιους συνδέσμους που προσφύουν το γληνοειδές χείλος στον ανατομικό αυχένα του βραχιονίου. Ο κατώτερος γληνοβραχιόνιος σύνδεσμος είναι ο ισχυρότερος από τους τρεις. Δυναμική σταθερότητα της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης παρέχεται από τους μυς του περιστροφέα της περιχειρίδας: τον υπερακάνθιο, τον υπακάνθιο, τον ελάσσονα στρογγυλό και τον υποπλάτιο. Ο τένοντας της μακράς κεφαλής του δικεφάλου περνάει πάνω από την κεφαλή του

βραχιονίου, ενεργώντας σαν συμπιεστής κατά την απαγωγή. Βρίσκεται ενδοκαψικά (μέσα στην κάψα, μέσα στον θύλακο) αλλά εξωαρθρικά. Το κορακοακρωμιακό τόξο που σχηματίζεται από το ακρώμιο προς τα πίσω και τον κορακωμιακό σύνδεσμο προς τα εμπρός διαχωρίζει τους μυς του περιστροφέα της περιχειρίδας από τον επικείμενο δελτοειδή.

Η ακρωμιοκλειδική άρθρωση περιλαμβάνει έναν διάρθριο δίσκο καθώς και μια λεπτή κάψα. Η άρθρωση ενισχύεται από την κάψα που παρέχει πρόσθια και οπίσθια υποστήριξη και από τους κορακοκλειδικούς συνδέσμους, τον κυνοειδή και τον τραπεζοειδή σύνδεσμο που προσδίδουν αντοχή στις κάθετες δυνάμεις. Η κίνηση αυτής της άρθρωσης είναι κυρίως κίνηση ολίσθησης.

Θύλακοι

Ο υπακρωμιακός θύλακος βρίσκεται ανάμεσα στον τένοντα του υπερακάνθιο μυός και στην κάτω επιφάνεια του ακρωμίου. Αυτός ο θύλακος συχνά επικοινωνεί με τον υποδελτοειδή θύλακα που βρίσκεται ανάμεσα στην κεφαλή του βραχιονίου και την επικείμενη κατάφυση του δελτοειδούς μυός. Επικοινωνία αυτών των θυλάκων με την αρθρική κάψα (θύλακο), υποδεικνύει ρήξη του μυοτενοντίου πετάλου των στροφέων μυών του ώμου. Ο υποωμοπλατιαίος θύλακος επικοινωνεί με τον θύλακο της άρθρωσης στο φυσιολογικό ώμο.

Μύες της ωμικής ζώνης

Η ωμοπλάτη υποστηρίζεται από μυς που ξεκινούν από τους θωρακικούς σπονδύλους, από τον θωρακικό κλωβό προς τα πίσω και από τη βάση του κρανίου προς τα εμπρός (Εικ. 15-1). Η συνδυασμένη δράση αυτών των μυών παρέχει έλεγχο της περιστροφής, της προέκτασης, ανάκλισης/χαμήλωσης της ωμοπλάτης. Οι μυς που διασταυρώνονται στη γληνοβραχιόνια άρθρωση προκαλούν απαγωγή/προσαγωγή και κάμψη/έκταση του βραχιόνια.

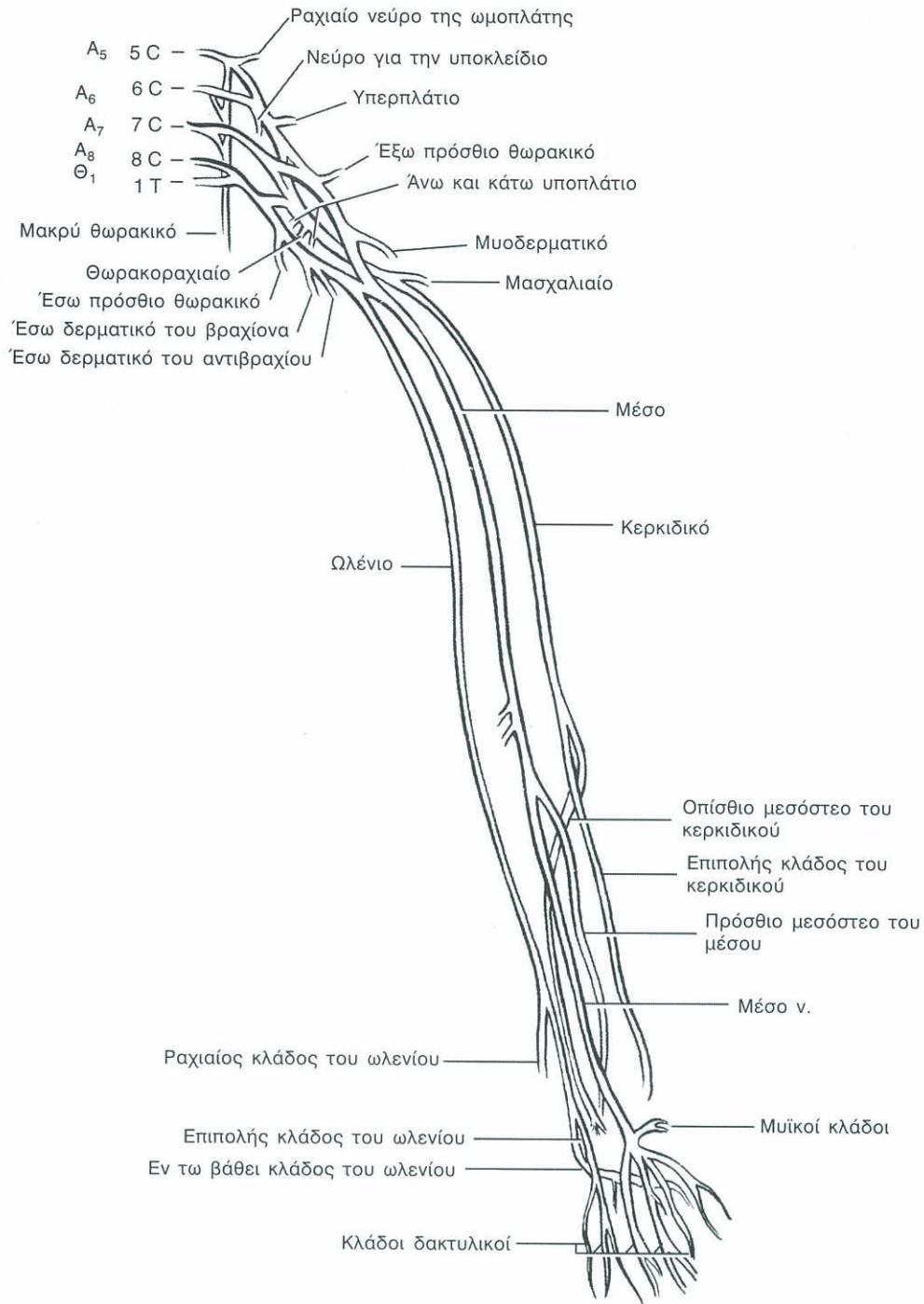
Αγγειακή ανατομία

Η υποκλείδια αρτηρία πορεύεται πίσω από την κλείδα και γίνεται μασχαλιαία αρτηρία καθώς οδεύει στα πλάγια της πρώτης πλευράς. Η μασχαλιαία αρτηρία διαιρείται σε τρία τμήματα με βάση τη σχέση της με τον ελάσσονα θωρακικό μυ.

Το πρώτο τμήμα της μασχαλιαίας αρτηρίας, προς τα εγγύς του ελάσσονα θωρακικού μυός, αποδίδει έναν μέγιστο κλάδο: την ανώτατη θωρακική αρτηρία που παρέχει αίμα στον άνω θώρακα.

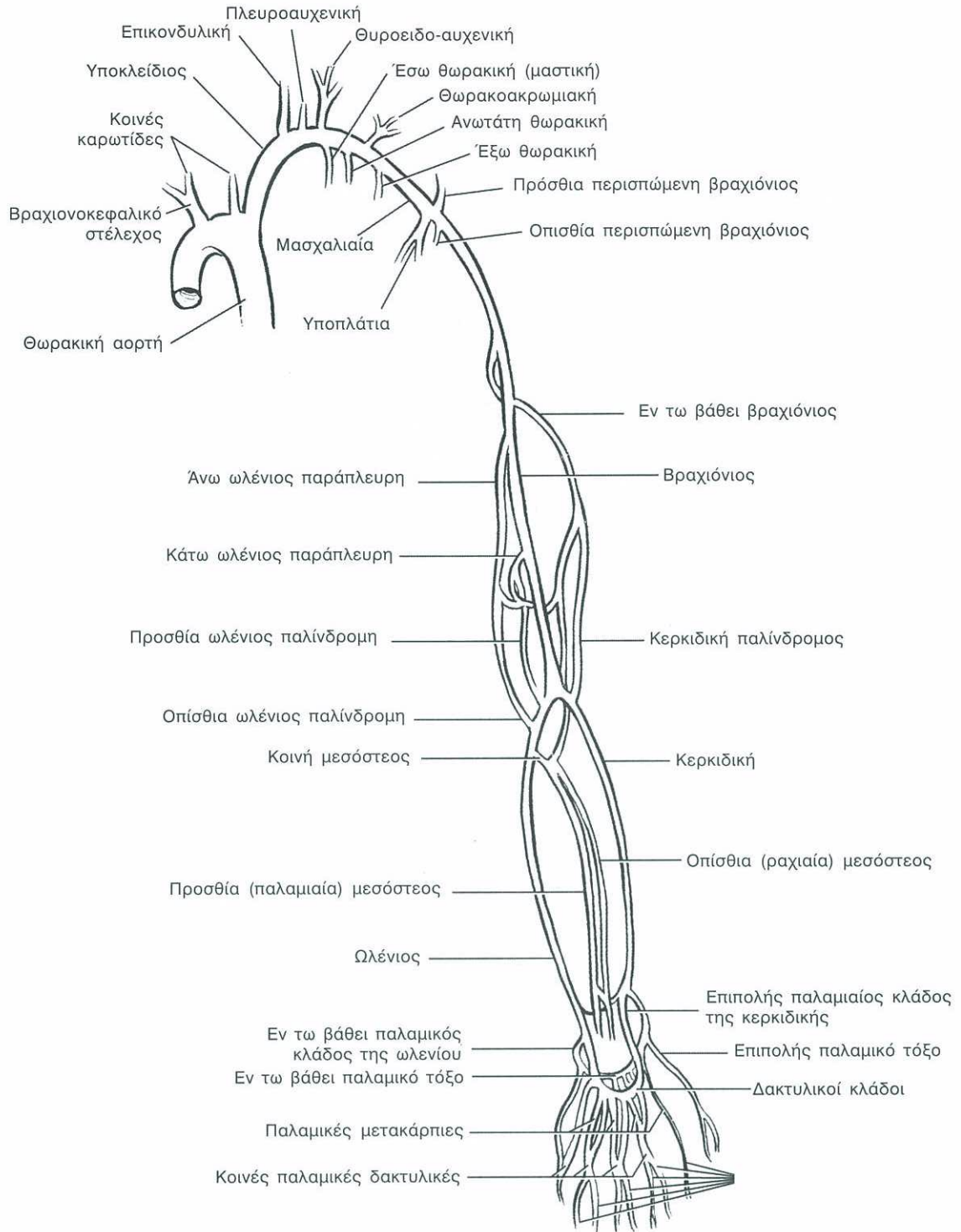
Το δεύτερο τμήμα, πίσω από τον ελάσσονα θωρακικό, αποδίδει δυο μέγιστους κλάδους: την ακρωμιοθωρακική αρτηρία και τη μακρά θωρακική αρτηρία. Ο ακρωμιακός κλάδος της ακρωμιοθωρακικής αρτηρίας βρίσκεται μέσα στον κορακοακρωμιακό σύνδεσμο. Η μικρά θωρακική αρτηρία βρίσκεται επιφανειακά του πρόσθιου οδοντωτού μυός, παρέχοντας αίμα σ' αυτό τον μυ.

Το τρίτο τμήμα της μασχαλιαίας αρτηρίας, άνω του ελάσ-



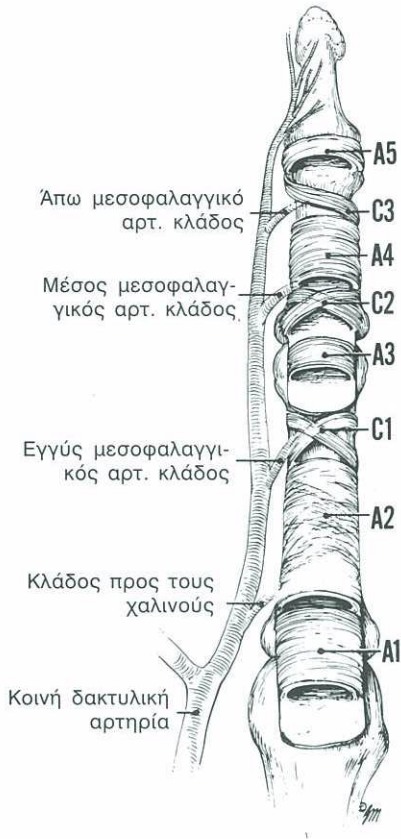
Εικόνα 15-3

Νεύρα του άνω άκρου. [Αναπαράσταση και παραλλαγή κατόπιν αδειάς από Warfel JH: *The extremities*, 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger (now Lippincott Williams & Wilkins); 1981:113.]



Εικόνα 15-4

Αρτηρίες του άνω άκρου. [Αναπαραγωγή και τροποποίηση με την άδεια του Warfel JH: *The extremities*, 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger (now Lippincott Williams & Wilkins); 1981:114.]



Εικόνα 17-1
 Δακτυλοειδείς τροχαλίες και χιαστές τροχαλίες [Αναπαραγωγή με την άδεια του Schneider LH, Hunter JM: Flexor tendons-late reconstruction. In Green DP (ed). *Operative Hand Surgery*. Νέα Υόρκη: Churchill Livingstone 1993:1894].

άπω είναι Α1, Ο, Α2. Η πλάγια λοξή είναι η κρίσιμη τροχαλία του αντίχειρα.

Η παροχή αίματος προς τους καμπτήριους τένοντες προέρχεται από τους χαλκούς (αναδιπλώσεις των μεσοτενόντων με το αγγείο ενσωματωμένο στη ραχιαία επιφάνεια των τενόντων). Υπάρχουν τέσσερις χαλκοί για κάθε δάκτυλο, ένας βραχύς για κάθε τένοντα. Το θρεπτικό υλικό για την αποκατάσταση ενός τετμημένου καμπτηρίου τένοντα προέρχεται τόσο από την αιματική παροχή, όσο και από το αρθρικό υγρό μέσα στο έλυτρο του καμπτηρίου τένοντος.

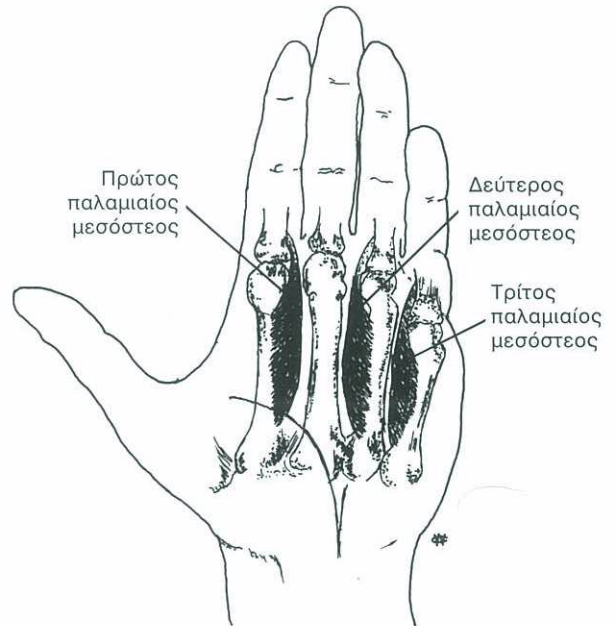
Υπάρχουν πέντε ζώνες τραυματισμού των τενόντων των καμπτήρων μυών και είναι οι ακόλουθες: Η ζώνη ένα (I) είναι το τμήμα του δακτύλου άνω της κατάφυσης του επιπολής καμπτήρα των δακτύλων. Η ζώνη δύο (II) είναι το τμήμα εκείνο από την κατάφυση του επιπολής καμπτήρα των δακτύλων μέχρι την κατάφυση της τροχαλίας του Α1. Σαν ιστορική αναφορά, η ζώνη αυτή ονομάστηκε από τον Bunnell, ως «Η γη κανενός ανθρώπου». Η ζώνη τρία (III) εκτείνεται από την τροχαλία του Α1 μέχρι τον άνω εγκάρσιο καρπιαίο σύνδεσμο. Η ζώνη τέσσερα (IV) είναι μέσα στον καρπιαίο σωλήνα και η ζώνη πέντε (V) είναι η περιοχή εγγύς του καρπιαίου σωλήνα.

ΑΥΤΟΧΘΟΝΕΣ ΜΥΕΣ

Οι αυτόχθονες μύες του χεριού περιλαμβάνουν τους μύς του θένaros, τους μύς του αντιθένaros, τους ελμυθοειδείς και τους ραχιαίους και παλαμιαίους μεσόστεους μύες. Η λειτουργία τους, οι προσφύσεις και καταφύσεις τους, η νευρωσή τους περιλαμβάνονται στον Πίνακα 17-1 και στην εικόνα 17-2.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΤΕΙΝΟΝΤΩΝ

Οι εκτείνοντες μύες είναι διατεταγμένοι σε έξι διαμερίσματα στη ραχιαία επιφάνεια του χεριού και αριθμούνται από την κερκιδική προς την ωλένια πλευρά. Το πρώτο ραχιαίο διαμέρισμα περιλαμβάνει τον μακρό απαγωγέα του αντίχειρα (EPB). Ο μακρός απαγωγέας του αντίχειρα καταφύεται στη ραχιαία



Εικόνα 17-2
 Εσωτερικοί μύες του χεριού.

Πίνακας 17-1

Μύες του χεριού (Άκρα χείρα)

Μυς	Δράση	Νεύρωση	Έκφυση	Κατάφυση
Μύες του θέναρως Βραχύς απαγωγός του αντίχειρα (APB) Αντιθετικός του αντίχειρα Βραχύς καμπτήρας του αντίχειρα (FPB)	Απαγωγή του αντίχειρα Απάγει, κάμπτει, περιστρέφει προς τα έσω Κάμπτει την μετακάρπια φάλαγγα (MCP)	Μέσο νεύρο Μέσο νεύρο Επιπολής κεφαλή-Μέσο νεύρο/ Ωλένιο νεύρο Ωλένιο νεύρο	Ελάσσων πολύγωνο, σκαφοειδές οστόν. Ελάσσων πολύγωνο Ελάσσων πολύγωνο Κεφαλωτό οστόν Κεφαλωτό, 2ο και 3ο μετακάρπιο οστόν	Κερκιδική βάση της εγγύς φάλαγγας Μετακάρπιο του αντίχειρα Κερκιδική βάση της εγγύς φάλαγγας
Προσαγωγός του αντίχειρα (AP)	Προσαγωγή του αντίχειρα			Ωλένια βάση της εγγύς φάλαγγας
Μύες του οπισθέναρως Βραχύς παλαμικός (PB)	Συνολική του δέρματος	Ωλένιο νεύρο	TCL παλαμιαία απονεύρωση	Ωλένια περιοχή της παλάμης
Απαγωγός του μικρού δαχτύλου (ADM)	Απαγωγή του μικρού δαχτύλου	Ωλένιο νεύρο	Πισοειδές οστόν	Ωλένια βάση της εγγύς φάλαγγας
Βραχύς καμπτήρας του μικρού δακτύλου (FDMB)	Κάμπτει τη μετακάρπια φάλαγγα (MCP)	Ωλένιο νεύρο	Αγκιστρωτό TCL οστόν	Ωλένιο νεύρο, εγγύς φάλαγγα
Αντιθετικός του μικρού δακτύλου (ODM)	Απαγωγή, κάμψη, πλάγια περιστροφή	Ωλένιο νεύρο	Αγκιστρωτό οστόν TCL	Πέμπτο μετακάρπιο
Εσωτερικοί μύες Ελμυνοειδείς	Εκτείνουν PIP (εγγύς μεσοφαλαγγική άρθρωση)	Μέσο νεύρο νεύρο, δείκτης μακρό Ωλένιο νεύρο παράμεσος μικρός Ωλένιο νεύρο	Κερκιδική πλευρά του τένοντα του εν τω βάθει καμπτήρα των δακτύλων (FDP) Μετακάρπια οστά	Πλάγιες ταινίες
Ραχιαίοι μεσόστεοι (DIO)	Απάγουν, κάμπτουν τη μετακάρπια φάλαγγα (MCP)			Βάση της εγγύς φάλαγγας, εκτατικός μηχανισμός
Παλαμιαίοι μεσόστεοι	Απάγουν, κάμπτουν τη μετακάρπια φάλαγγα (MCP)	Ωλένιο νεύρο	Μετακάρπια οστά	Βάση της εγγύς φάλαγγας, εκτατικός μηχανισμός

βάση του μετακαρπίου του αντίχειρα. Ο βραχύς εκτείνοντας τον αντίχειρα καταφύεται στη ραχιαία βάση της εγγύς φάλαγγας του αντίχειρα. Ο βραχύς εκτείνοντας τον αντίχειρα καταφύεται στη ραχιαία βάση της εγγύς φάλαγγας του αντίχειρα.

Το δεύτερο διαμέρισμα περιλαμβάνει τον μακρό κερκιδικό εκτείνοντα τον καρπό (ECRL) και το βραχύ κερκιδικό εκτείνοντα τον καρπό (ECRB). Ο μακρύς κερκιδικός εκτείνων τον καρπό (ECRL) καταφύεται στη ραχιαία βάση του μετακαρπίου του δείκτη. Ο βραχύς κερκιδικός εκτείνων τον καρπό (ECRB) καταφύεται στη βάση του μεσαίου μετακαρπίου. Ο βραχύς κερκιδικός εκτείνων τον καρπό (ECRB) αναφέρεται ως «αληθής» ή κυρίως εκτείνων τον καρπό διότι εξασκεί μια κεντρική έλξη χωρίς κερκιδική ή ωλένια απόκλιση, αντίθετα από τον μακρό κερκιδικό εκτείνοντα τον καρπό (ECRL) και τον ωλένιο εκτείνοντα τον καρπό (ECU).

Το τρίτο ραχιαίο διαμέρισμα αποτελείται από το μακρό εκτείνοντα από τον αντίχειρα (EPL). Ο μακρύς εκτείνων τον αντίχειρα καταφύεται στην άνω φάλαγγα του αντίχειρα. Ο τένοντάς του περνάει από την ωλένια πλευρά του φύματος του Lister στην κερκίδα.

Το τέταρτο ραχιαίο διαμέρισμα αποτελείται από τον κοινό εκτείνοντα τους δακτύλους και τον ίδιο εκτείνοντα τον δείκτη. Οι κοινοί εκτείνοντες τους δακτύλους είναι οι κύριοι τένοντες των εκτεινόντων μυών προς τα δάχτυλα. Ο ίδιος εκτείνων τον δείκτη βρίσκεται ωλένια του κοινού εκτείνοντος τους δακτύλους και παρέχει ανεξάρτητα έκταση στο δάκτυλο του δείκτη.

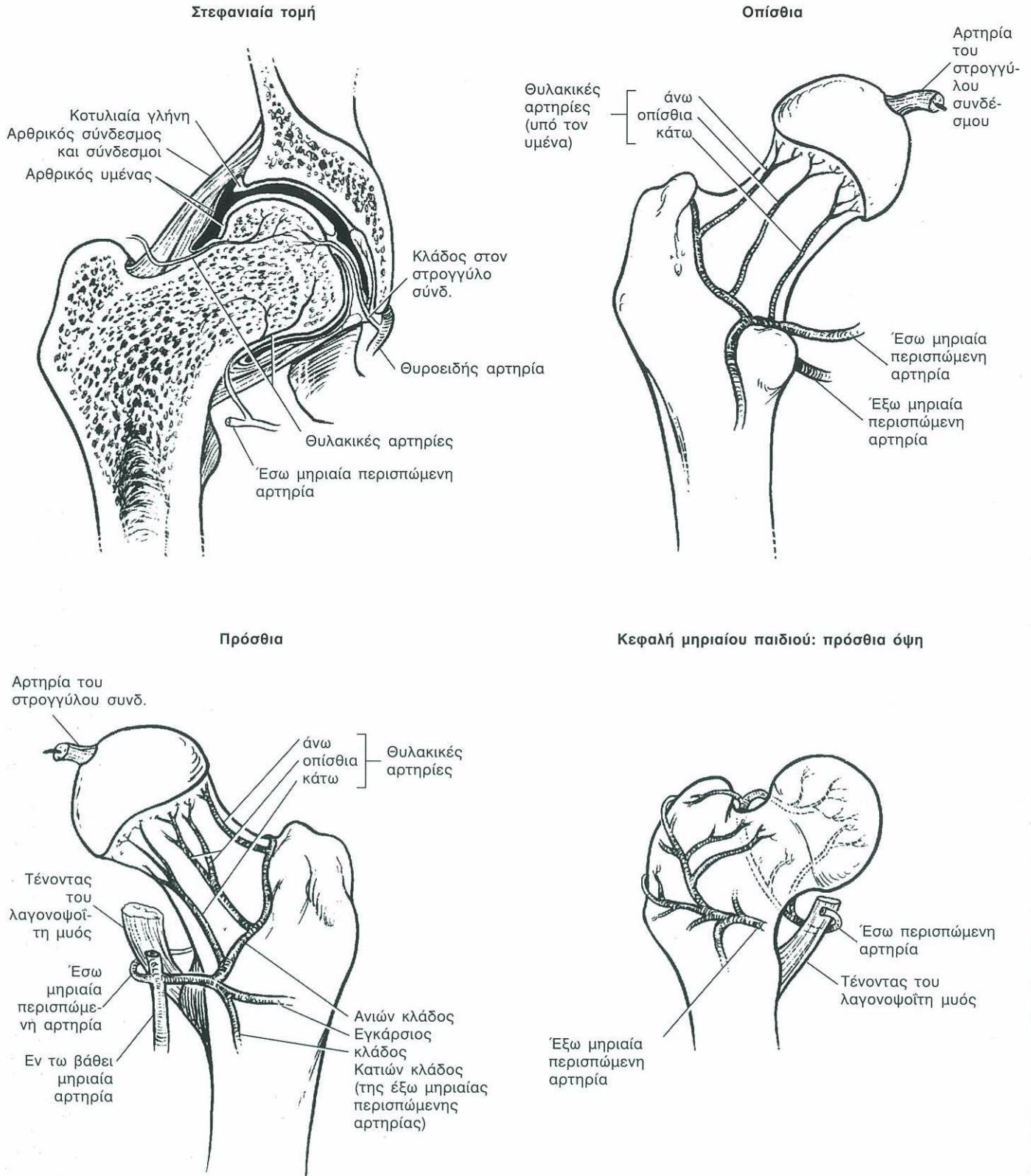
Το πέμπτο ραχιαίο διαμέρισμα περιλαμβάνει τον εκτείνοντα του μικρού δακτύλου. Αυτός παρέχει ανεξάρτητη έκταση στο μικρό δάκτυλο.

Το έκτο ραχιαίο διαμέρισμα περιλαμβάνει τον ωλένιο εκτείνοντα τον καρπό (ECU). Ο ECU καταφύεται στη ραχιαία βάση του πέμπτου μετακαρπίου.

Η ανατομική θήκη είναι ένα κοίλωμα στη ραχιαία βάση του μετακαρπίου του αντίχειρα, περιορισμένο από το πρώτο και το τρίτο ραχιαίο διαμέρισμα. Ο μηχανισμός έκτασης των δακτύλων περιλαμβάνει τους τένοντες και ένα σύστημα καθεκτικών συνδέσμων. Οι κεντρικές λωρίδες καταφύονται στη ραχιαία βάση της μεσαίας φάλαγγας. Οι πλάγιες ταινίες συνενώνονται στη ραχιαία βάση της άνω φάλαγγας. Οι πλάγιες ταινίες συγκρατώνται στη ραχιαία πλευρά από τον τριγωνικό σύνδεσμο. Ο εγκάρσιος καθεκτικός σύνδεσμος εκφύεται από την παλαμιαία πλάκα του PIP και καταφύεται στην πλάγια ταινία. Οι εγκάρσιοι καθεκτικοί σύνδεσμοι σταθεροποιούν τις πλάγιες ταινίες και περιορίζουν τη ραχιαία μεταναστευση τους κατά την έκταση της άρθρωσης. Οι πλάγιοι λοξοί καθεκτικοί σύνδεσμοι (ORL) εκφύονται από το έλυτρο των καμπτήρων και την εγγύς φάλαγγα, στην παλαμιαία πλευρά του άξονα της PIP άρθρωσης. Οι πλάγιοι λοξοί καθεκτικοί σύνδεσμοι σιγά-σιγά ανέρχονται ραχιαία για να ειςχωρήσουν στην άπω φάλαγγα, τη ραχιαία βάση μαζί με τους τελικούς εκτατικούς συνδέσμους. Οι συνδυασμένες κινήσεις μεταξύ των PIP και των DIP δημιουργούν μια δυναμική τενόντωση (Εικ. 17-3).

Η μετακαρπο-φαλαγγική άρθρωση κάμπτεται με τη δράση των μεσόστεων μυών και του ελμυνοειδούς μυός. Εκτείνεται με τη δράση του κοινού εκτείνοντα των δακτύλων σε συνδυασμό με την οβελιαία ταινία.

Η μετακαρπο-φαλαγγική άρθρωση κάμπτεται με τη δράση των μεσόστεων μυών και του ελμυνοειδούς μυός. Εκτείνεται με τη δράση του κοινού εκτείνοντα των δακτύλων σε συνδυασμό με την οβελιαία ταινία.



Εικόνα 19-1

Αρτηρίες της κεφαλής και του αυχένα του μηριαίου οστού σε ενήλικα και παιδί (Copyright 1989 Novartis. Αναπαραγωγή με άδεια από *Atlas of Human Anatomy*, με εικονογράφηση του Frank H. Netter MD. All rights reserved).

της στο ισχίο μέσα στον προσαγωγό πόρο χωρισμένη από το εν τω βάθει μηριαίο αγγείο με τον μακρό προσαγωγό μυ. Η μηριαία αρτηρία κατόπιν πορεύεται από τα έσω προς τα πίσω μέσα στο ισχίο, διαμέσου ενός τενοντώδους τμήματος (σχίσματος) στο μακρό προσαγωγό (στον πόρο του Hunter) και γίνεται ιγνυακή αρτηρία.

Η κοτύλη σχηματίζεται από τρία ξεχωριστά οστά (το λαγόνιο, το ισχιακό και το ηβικό) που συνοστεώνονται περίπου στην ηλικία των 15 ετών. Το λαγόνιο οστό αποτελεί το άνω τμήμα, το ηβικό σχηματίζει το πρόσθιο τμήμα και το ισχιακό σχηματίζει την κάτω και οπίσθια πλευρά της κοτύλης. Η κοτύλη βρίσκεται σε μια θέση περίπου 45 μοίρες από το έδαφος στην όρθια θέση και έχει πρόσθια κλίση. Το κάτω τοίχωμα της κοτύλης είναι ατελές και αναφέρεται ως κοτυλικός ή κοτυλοειδής βόθρος.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΙΣΧΙΟ

Υπάρχουν πέντε βασικές προσπελάσεις για να γίνει αποκάλυψη και είσοδος στην κατ' ισχίον άρθρωση: πρόσθια, προσθιοπλάγια, οπίσθια, εξωτερική και εσωτερική. Τα κλειδιά για κάθε είδους προσπέλαση είναι τα διαφορετικά μυσικά διαστήματα που περιβάλλουν την κατ' ισχίον άρθρωση που χρησιμοποιούνται στην κάθε περίπτωση.

Πρόσθια προσπέλαση (Smith-Peterson)

Χρησιμοποιώντας το μεσονεύριο διάστημα ανάμεσα στον εκτείνοντα την πλατεία περιτονία (άνω γλουτιαίο νεύρο) και στον ραπτικό (μηριαίο νεύρο), η πρόσθια προσπέλαση αποκαλύπτει τόσο την κατ' ισχίον άρθρωση όσο και το λαγόνιο. Η πρόσθια προσπέλαση χρησιμοποιείται συνηθέστερα για ανοιχτή ανάταξη του αυξητικού δυσπλαστικού ισχίου (όταν η κεφαλή βρίσκεται πρόσθια και άνω της ανατομικής κοτύλης), βιοψίες της άρθρωσης, αρθρόδεση του ισχίου, εκτομή νεοπλασμάτων και σε σπάνιες περιπτώσεις για ολική ή μερική αρθροπλαστική. Η πλέον εγγύς πλευρά της προσπέλασης μπορεί επίσης να πετύχει την αποκάλυψη για ανοιχτή ανάταξη και εσωτερική οστεοσύνθεση κατόπιν πυελικών καταγμάτων ή για κάποιες πυελικές οστεοτομίες. Με τον ασθενή σε ύπτια θέση η δερματική τομή εκτείνεται από το πρόσθιο ήμισυ της λαγόνιας ακρολοφίας άνω προς την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα και κατόπιν καμπυλώνει προς τα άνω για άλλα 10 εκατοστά προς την έξω πλευρά της επιγονατίδας. Αυτή η προσπέλαση εκμεταλλεύεται δυο μεσονεύρια πεδία: ένα επιπολής μεσονεύριο επίπεδο ανάμεσα στο ραπτικό (μηριαίο νεύρο) και στον εκτείνοντα την πλατεία περιτονία (άνω γλουτιαίο νεύρο) και ένα εν τω βάθει μεσονεύριο επίπεδο ανάμεσα στον ορθό μηριαίο (μηριαίο νεύρο) και το μέσο γλουτιαίο (άνω γλουτιαίο νεύρο). Για την επιφανειακή τομή χρειάζεται προσοχή, ώστε να βρεθεί και να παρεκτοπιστεί προς τα έσω τον έξω μηρό δερματικό νεύρο. Τότε αποκαλύπτεται η εν τω βάθει περιτονία, στην έσω πλευρά του τένοντα την πλατεία περιτονία καθώς και ο ανιών κλάδος της έξω περισπωμένης μηριαίας αρτηρίας που πορεύεται κατά πλάτος του διαστήματος ανάμεσα στους δυο μυς.

Η εν τω βάθει τομή χρησιμοποιεί το μεσονεύριο διάστημα ανάμεσα στον ορθό μηριαίο (μηριαίο νεύρο) και το μέσο γλουτιαίο (άνω γλουτιαίο νεύρο). Οι δυο κεφαλές (άμεση και ανεστραμμένη) του ορθού μηριαίου αποκολλώνται από το άνω χείλος της κοτύλης και από την πρόσθια περιοχή του αρθρικού θύλακου της κατ' ισχίον άρθρωσης. Ο ορθός μηριαίος παρεκτοπίζεται προς τα έσω και ο μέσος γλουτιαίος προς τα έξω. Ο λαγονοψοίτης που συχνά είναι μερικώς συνδεμένος με την κάτω πλευρά του θύλακου της κατ' ισχίον άρθρωσης, καθώς πλησιάζει τον ελάσσονα τροχαντήρα απελευθερώνεται από τον θύλακο και παρεκτοπίζεται προς τα έσω. Με το κάτω άκρο σε προσαγωγή και εξωτερική στροφή γίνεται τομή του θύλακου. Τότε μπορεί να γίνει εξάρθρωση του ισχίου με εξωτερική στροφή και προσαγωγή. Για τη

χειρουργική στο ισχίο χρειάζεται να αποκολληθούν οι εκφύσεις του τένοντα την πλατεία περιτονία και του ραπτικού και κατόπιν να αποκολληθούν οι εκφύσεις του μέσου γλουτιαίου και του μικρού γλουτιαίου από την έσω πτέρυγα του λαγονίου με αμβλεία τομή. Το μηριαίο νεύρο και τα αγγεία κινδυνεύουν αν η χειρουργική τομή γίνει εκτός επιπέδου ή αν χρησιμοποιηθεί υπερβολική παρεκτόπιση.

Προσθιοπλάγια προσπέλαση (Watson-Jones)

Η προσθιοπλάγια προσπέλαση χρησιμοποιεί το μεσονεύριο διάστημα ανάμεσα στον τένοντα την πλατεία περιτονία και τον μέσο γλουτιαίο. Και οι δύο μυς νευρώνονται από το άνω γλουτιαίο νεύρο. Η προσθιοπλάγια προσπέλαση είναι η προσπέλαση που χρησιμοποιείται συνηθέστερα σε επανάληψη και σε μερικές πρωτεύουσες ολικές αρθρικές αντικαταστάσεις επειδή επιτρέπει ευρεία αποκάλυψη τόσο της κοτύλης, όσο και της εγγύς περιοχής του μηριαίου οστού και του σωλήνα. Αυτή η προσπέλαση είναι επίσης χρήσιμη για ανοιχτή ανάταξη και εσωτερική οστεοσύνθεση των καταγμάτων του αυχένα του μηριαίου οστού και για βιοψία της άρθρωσης του ισχίου. Οι απαγωγοί του ισχίου απελευθερώνονται συνηθέστερα με οστεοτομία του τροχαντήρα ή σε κάποιες περιπτώσεις με αποκόλληση του πρόσθιου τμήματος των τενόντων του μέσου γλουτιαίου και του μικρού γλουτιαίου από τον μείζονα τροχαντήρα. Ο ασθενής τοποθετείται είτε σε πλάγια ή σε ύπτια θέση με το χειρουργούμενο άκρο σε κάμψη περίπου 30 μοίρες και προσαγωγή. Το μέσο σημείο μιας ευθείας επιμήκους τομής 15 εκατοστών επικεντρώνεται στο άκρο του μείζονα τροχαντήρα και εκτείνεται στις δύο κατευθύνσεις παράλληλα προς το μηριαίο οστό. Αφού δεν υπάρχει μεσονεύριο επίπεδο για αυτήν την προσπέλαση, χρειάζεται προσοχή να μην αναπτυχθεί ένα πεδίο μέχρι τις εκφύσεις των μυών στο λαγόνιο, διότι το άνω γλουτιαίο νεύρο εισέρχεται στον τένοντα την πλατεία περιτονία πολύ κοντά στην έκφυση του. Η εν τω βάθει περιτονία του μηρού τέμνεται τότε σε ευθεία με τη δερματική τομή, ακριβώς πίσω από το όριο του τένοντα την πλατεία περιτονία για να αποκαλυφθεί ο έξω πλατύς μηριαίος περιφερικά και ο μέσος γλουτιαίος περισσότερο προς τα εγγύς. Ένα διάστημα ανάμεσα στον τένοντα την πλατεία περιτονία και τον μέσο γλουτιαίο αναπτύσσεται με αμβλεία τομή. Κατόπιν, οι κλάδοι της άνω γλουτιαίας αρτηρίας που διασχίζουν το διάστημα ανάμεσα στον τένοντα την πλατεία περιτονία και στον μέσο γλουτιαίο απολιώνονται. Τότε ο μέσος γλουτιαίος μπορεί να αποκολληθεί από το θύλακο της κατ' ισχίον άρθρωσης. Ο έξω πλατύς μηριαίος τότε αποκολλάται από την έκφυση του στο έπαρμα του έξω πλατύ μηριαίου στο μηριαίο οστού και αναδιπλώνεται προς τα κάτω για 1 με 2 εκατοστά περίπου. Τώρα μπορεί να γίνει οστεοτομία του μείζονα τροχαντήρα ή αποκόλληση των απαγωγών από τον μείζονα τροχαντήρα. Η οστεοτομία του τροχαντήρα γίνεται ξεκινώντας ακριβώς προς τα άνω του επάρματος του έξω πλατύ μηριαίου, χρησιμοποιώντας είτε παλμικό πριόνι (πριόνι δόνησης), πριόνι του Gigli ή επίπεδους οστεοτόμους ή σχήματος ν. Ο μείζονα τροχαντήρας είναι ορατός προς την επάνω πλευρά της τομής. Εναλλακτικά μπορούν να απελευθερωθούν με τομή από τον μείζονα τροχαντήρα το πρόσθετο τμήμα των τενόντων του μέσου γλουτιαίου και του μικρού γλουτιαίου μετά την επακόλουθη απομάκρυνση της ανεστραμμένης κεφαλής του ορθού μηριαίου από τις προσφύσεις του στον αρθρικό θύλακο και το πρόσθιο χείλος της κοτύλης, ο θύλακος της κατ' ισχίον άρθρωσης μπορεί να ανοίξει. Ο τένοντας του ψοίτη ίσως προσφύεται στον θύλακο της κατ' ισχίον διάρθρωσης και μπορεί να χρειαστεί να απελευθερωθεί με τομή για να βελτιωθεί η αποκάλυψη.

Χρειάζεται προσοχή ώστε να αποφευχθεί το μηριαίο νευραγγειακό δεμάτιο που βρίσκεται μπροστά στον ψοίτη. Μέσα στο μηριαίο τρίγωνο το μηριαίο νεύρο βρίσκεται πλέον προς τα άνω και μπορεί να τραυματιστεί με υπερβολική παρε-