

# Αρχές Εσωτερικής Οστεοσύνθεσης

J. SCHATZKER

## Εισαγωγή

### 1 Μηχανικές Ιδιότητες των Οστών

Η κύρια μηχανική λειτουργία των οστών είναι να δρουν ως κατασκευές υποστήριξης και να μεταφέρουν φορτία. Τα οστά, στα οποία το οστό πρέπει να αντισταθεί είναι η απλή κάμψη, ο λυγισμός, που έχει σαν αποτέλεσμα τη φόρτιση ενός φλοιού σε ελκυσμό και του άλλου σε συμπίεση και η στρέψη ή η στροφή. Τα οστά είναι ισχυρότερα σε συμπίεση και σε ελκυσμό. Συνεπάγεται ότι τα κατάγματα που προκύπτουν από μηχανισμό καθαρής συμπίεσης είναι σπάνια και συνήθως συμβαίνουν μόνο σε περιοχές σπογγώδους οστού, όπου το φλοιώδες περίβλημα είναι λεπτό. Έτσι, συνήθως τα απλά συμπίεστικά κατάγματα σε περιοχές όπως οι μεσοσπονδύλαιοι, τα σπονδυλικά σώματα και η πτέρνα. Τα εγκάρσια, τα λοξά και τα σπειροειδή κατάγματα είναι διαμορφώσεις κατάρσεων που απαντώνται συχνά σε σωληνοειδή οστά.

Η δημιουργία εγκάρσιων καταγμάτων είναι το αποτέλεσμα εφαρμογής δύναμης λυγισμού (εικ. 1.1.). Συνοδεύονται από ένα μικρό σφηνοειδές τεμάχιο, το οποίο βρίσκεται πάντα στην συμπίεστική πλευρά του οστού. Εάν αυτό το σφηνοειδές τεμάχιο αποτελεί λιγότερο από το 10% της περιμέτρου του οστού, τότε το κάταγμα θεωρείται σαν απλό εγκάρσιο κάταγμα. Εάν το οστικό τεμάχιο είναι μεγαλύτερο, το κάταγμα θεωρείται σφηνοειδές και το οστικό τεμάχιο χαρακτηρίζεται ως αποσπαστικό σφηνοειδές. Επειδή με τη φόρτιση αποσπαστικό από το οστό, διατηρεί ελάχιστες προσφύσεις μαλακών μορίων και συνεπώς, στην καλύτερη περίπτωση, διαθέτει ελάχιστη αιμάτωση. Αυτό το γεγονός πρέπει να έχουμε υπό-

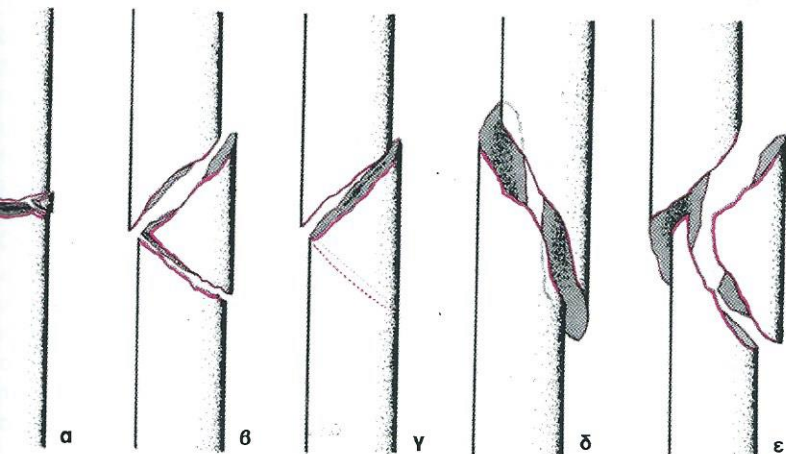
ψη μας όταν σχεδιάζουμε μια εσωτερική οστεοσύνθεση. Οι προσπάθειες συγκράτησης τέτοιων αποκολληθέντων οστικών τεμαχίων μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα την πλήρη απαγγείωσή τους. Εάν είναι πολύ μικρά είναι δυνατό να τα αγνοήσουμε. Εάν είναι μεγαλύτερα είναι προτιμότερο να τα διατηρήσουμε και να γεμίσουμε τις δημιουργούμενες κοιλότητες με σπογγώδες οστό.

Τα λοξά κατάγματα δημιουργούνται επίσης μετά από εφαρμογή δύναμης λυγισμού. Το αποσπασμένο, σφηνοειδές τεμάχιο παραμένει συγκρατημένο σε ένα από τα κύρια κατεύθυνση οστικά τεμάχια. Η σχισμή μεταξύ αυτού και του κύριου οστικού τεμαχίου δεν είναι εμφανής στην ακτινογραφία. Εάν αναζητηθεί κατά τη διάρκεια της ανοικτής ανάταξης, μπορεί να βρεθεί εύκολα. Κατά τη διάρκεια κλειστής ενδομυελικής ήλωσης, αυτό το απαραιτό σφηνοειδές τεμάχιο, συχνά παραεκτοπίζεται και γίνεται εμφανές στην ακτινογραφία.

Τα σπειροειδή κατάγματα προκαλούνται εξαιτίας εφαρμογής μιας έμμεσης στροφικής δύναμης (εικ. 1.1.). Συχνά συνοδεύονται από σφηνοειδή τεμάχια αντίστοιχης διαμόρφωσης. Αυτά τα οστικά τεμάχια είναι μεγαλύτερα και διατηρούν τις προσφύσεις των μαλακών μορίων. Είναι συχνά δυνατό να σταθεροποιηθούν με διακαταγματικούς κοχλίες, χωρίς να διακοπεί η αιματική παροχή τους.

#### 1.1.2 Τύποι Φόρτισης και Διαμορφώσεις Καταγμάτων

Το οστό είναι ένα γλοιοελαστικό υλικό. Η πρόκληση ενός καταγματος κατά συνέπεια δεν οφείλεται μόνο σε άσκηση μιας δύναμης, αλλά εξαρτάται και από την ταχύτητα εφαρμογής της. Πολύ μικρότερη δύναμη είναι αναγκαία για να θραύσει το οστό, εάν ασκηθεί αργά και σε μακρά χρονική περίο-

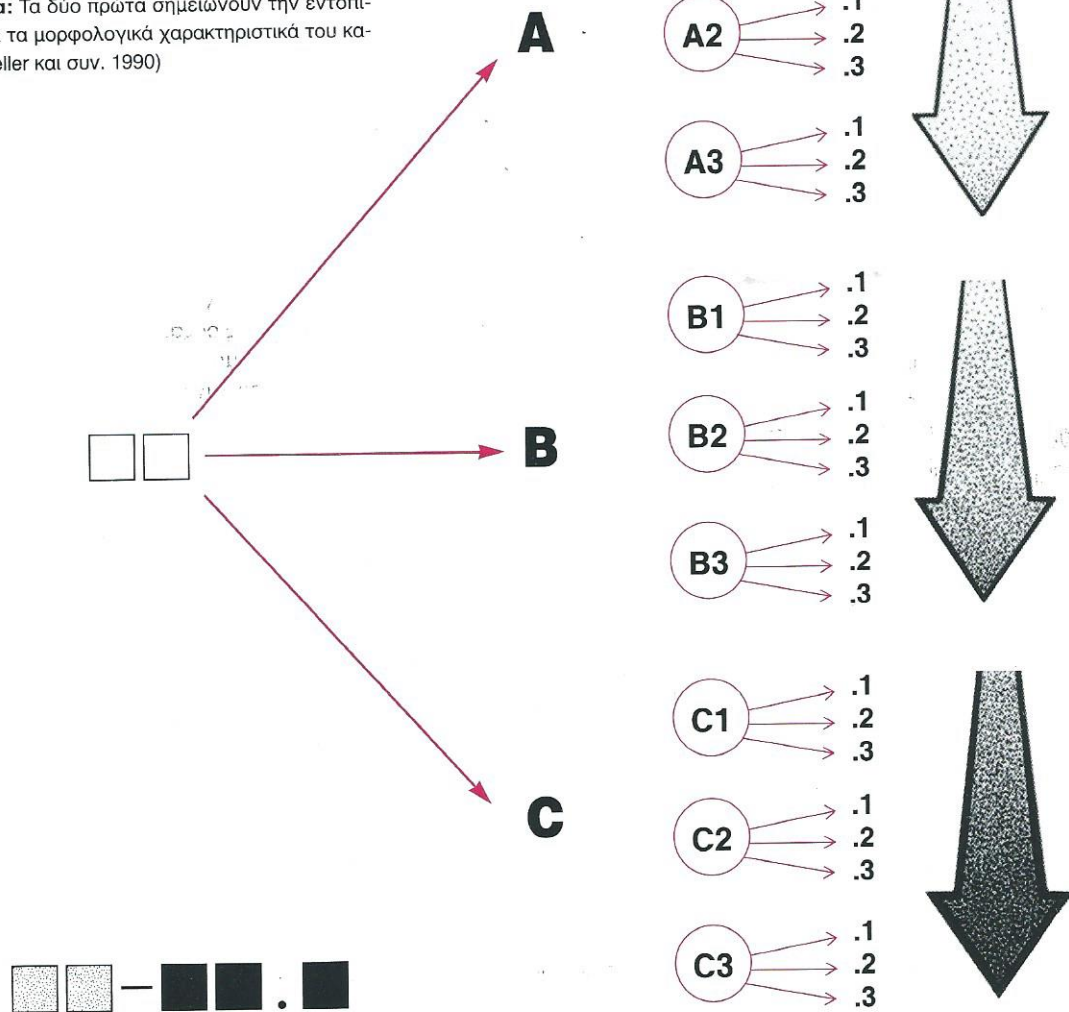


**Εικ. 1.1 α – ε.** Τύποι καταγμάτων. Μία πλάγια δύναμη κάμψης είναι δυνατό να προκαλέσει ένα εγκάρσιο κάταγμα (α), ένα σφηνοειδές κάταγμα με μια παρασχίδα (πεταλούδα) (β) ή ένα λοξό κάταγμα (γ), όπου η αποσπασμένη παρασχίδα παραμένει προσκολλημένη στο ένα από τα δύο κύρια οστικά μέρη. Μια δύναμη στρέψης είναι δυνατό να προκαλέσει ένα σπειροειδές κάταγμα (δ) ή ένα κάταγμα με ένα ή πολλαπλά σπειροειδή σφηνοειδή οστικά τεμάχια (ε).



**Εικ. 1.2.** Ο συνοπτικός πίνακας ταξινόμησης των καταγμάτων για κάθε οστικό τμήμα ή για κάθε οστό. Τύποι: A, B, C, Ομάδες: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3. Υποομάδες: .1, .2, .3. Η αυξανόμενη σε ένταση σκίαση του βέλους υποδεικνύει την αυξανόμενη σοβαρότητα του κατάγματος.

**Τα μικρά τετράγωνα:** Τα δύο πρώτα σημειώνουν την εντόπιση, τα επόμενα τρία τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του κατάγματος. (Από Mueller και συν. 1990)

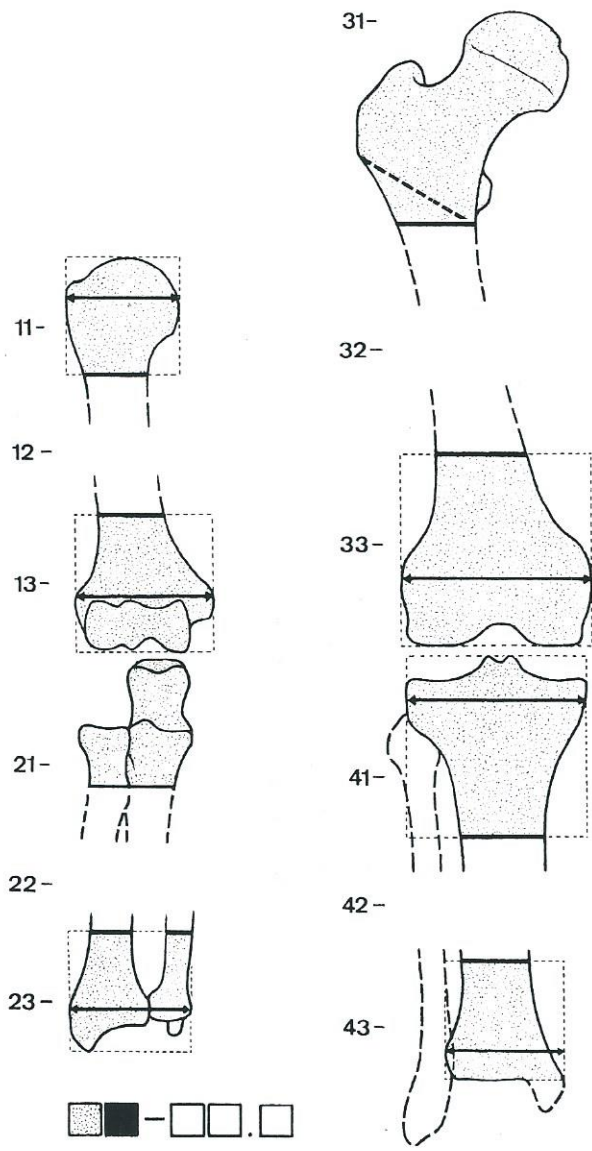
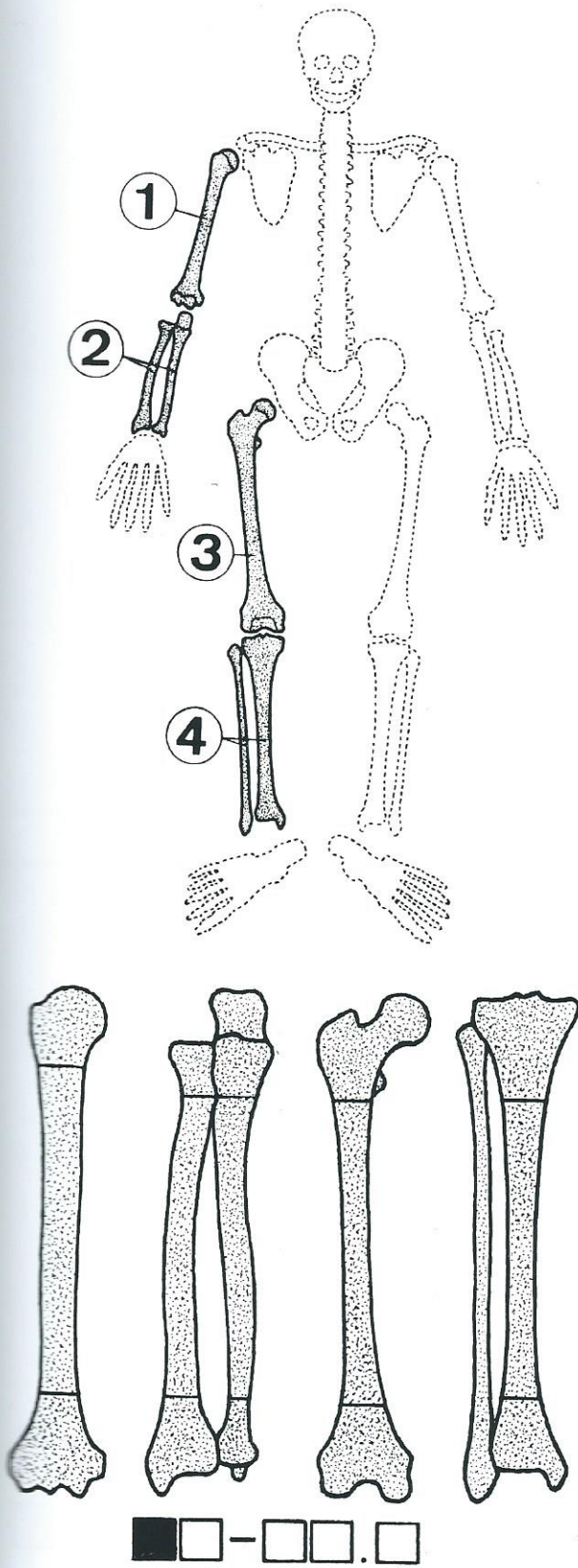


δο, παρά εάν ασκηθεί γρήγορα. Το οστό έχει την ικανότητα να ανθίσταται σε πολύ μεγαλύτερες δυνάμεις αν ασκούνται γρήγορα. Η δύναμη αποθηκεύεται και όταν πλέον το οστό δε μπορεί να την αντέξει υφίσταται θραύση και η δύναμη διαχέεται με έναν εκρηκτικό τρόπο, προκαλώντας σημαντική κάκωση στο περιβάλλον των μαλακών μορίων. Ένα καλό παράδειγμα του παραπάνω μηχανισμού είναι ο σκιέρ, ο οποίος σηκώνεται και περπατά μετά από ένα θεαματικό κατακύλισμα, για να σπάσει στη συνέχεια το πόδι του σε μια αργή, στροφική πτώση. Γι' αυτό το λόγο διαχωρίζουμε τους τραυματισμούς σε υψηλής και χαμηλής ταχύτητας.

Οι τραυματισμοί χαμηλής ταχύτητας έχουν καλύτερη πρόγνωση. Σε τραυματισμούς υψηλής ταχύτητας τα κατάγματα όχι μόνο είναι συντριπτικά, αλλά συνοδεύονται και από πολύ μεγαλύτερη κάκωση των περιβαλλόντων μαλακών μορίων, λόγω της μεγαλύτερης διάχυσης ενέργειας και της άμεσης εφαρμογής της δύναμης. Η χαμηλής ταχύτητας τραυματισμοί, προκαλούν πιο συχνά σπειροειδή κατάγματα, χωρίς μεγάλη συντριβή.

### 1.1.3 Ταξινόμηση των Καταγμάτων

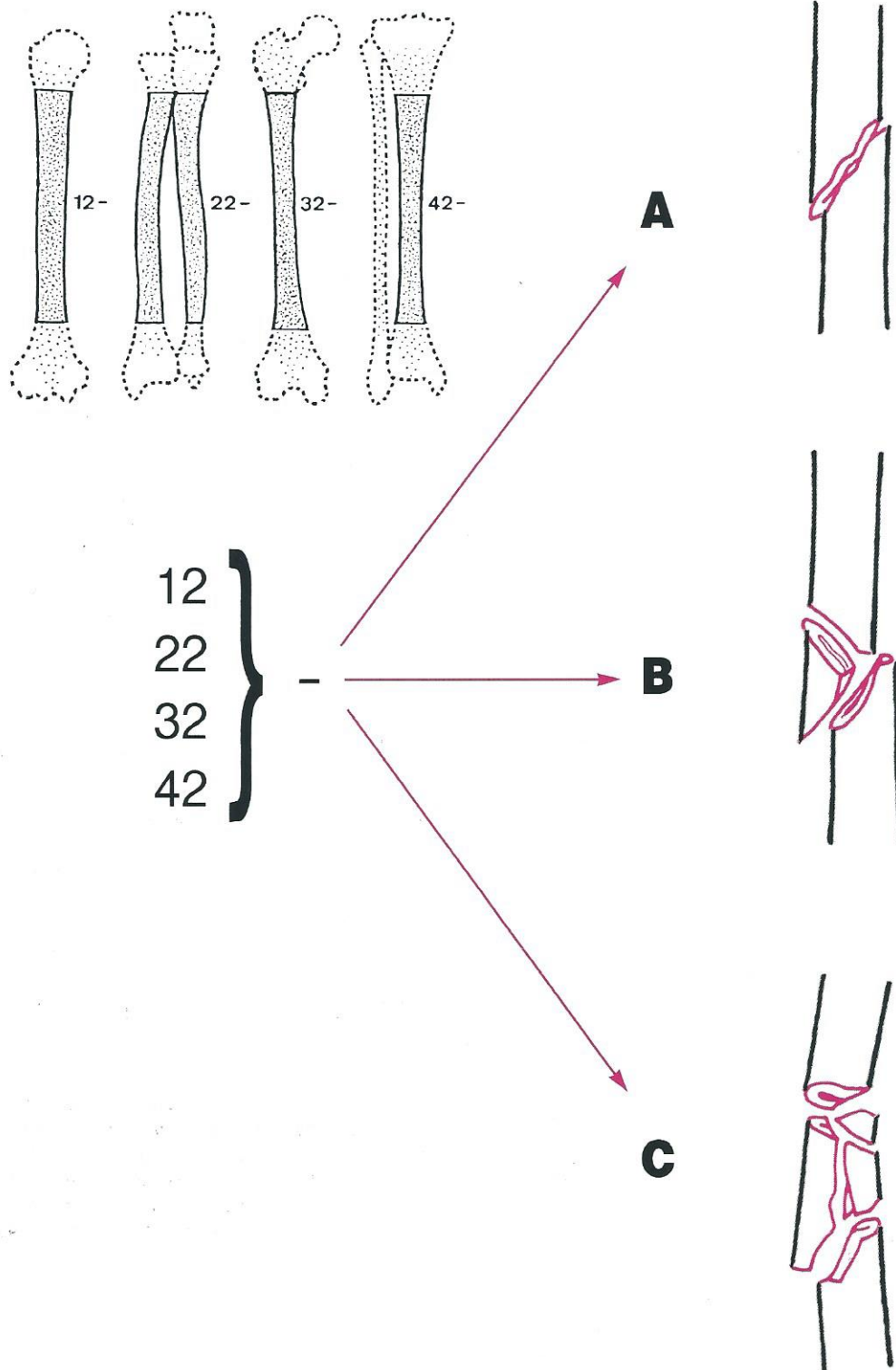
Η ταξινόμηση των καταγμάτων, η οποία ακολουθείται σ' αυτό το βιβλίο βασίζεται στη Συνοπτική Ταξινόμηση των Καταγμάτων των Μακρών Οστών (Mueller και συν. 1990). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος ταξινόμησης είναι ότι οι αρχές της ταξινόμησης και η ίδια ταξινόμηση, δε βασίζονται στα τοπικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των οστών, ούτε στους τύπους των καταγμάτων, ούτε δεσμεύονται από τη δύναμη της συνήθειας ή από τη δημοτικότητα ενός επωνύμου. Είναι γενικής χρήσης και εφαρμόζεται σε ολόκληρο το σκελετό. Η φιλοσοφία, στην οποία βασίζεται αυτή η ταξινόμηση, είναι ότι μία ταξινόμηση αξίζει μόνο όταν βοηθά στην ανάπτυξη μιας λογικής αντιμετώπισης και βοηθά στην αξιολόγηση του αποτελέσματός της (Mueller και συν. 1990β). Γι' αυτούς τους λόγους η ταξινόμηση πρέπει να καταδεικνύει τη σοβαρότητα του κατάγματος, η οποία σε αυτή την ταξινόμηση υποδεικνύεται από τη μορφολογική πολυπλοκότητα του κατάγματος, τις αναμενόμενες δυσκολίες στην αντιμετώπιση και την πρόγνωσή του.



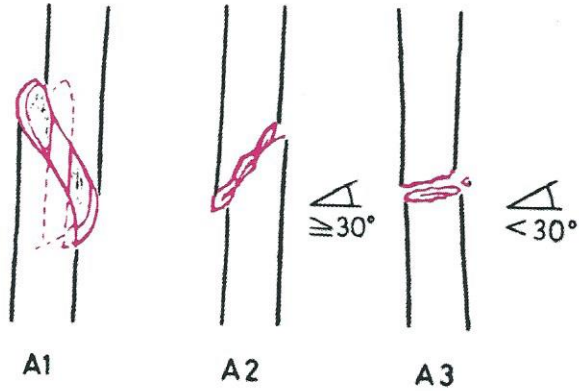
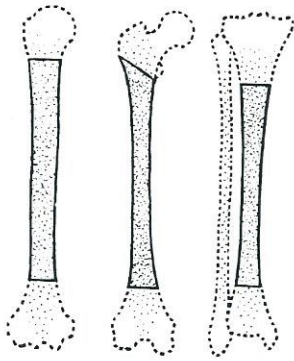
**Εικ. 1.4.** Ο καθορισμός των τμημάτων των μακρών οστών. Τα διαφορετικά τετράγωνα είναι παράλληλα με τον επιμήκη άξονα του σώματος και αντιστοιχούν στα τελικά τμήματα. Το τμήμα των σφυρών (44-) δεν αναπαριστάται εδώ αφού δεν μπορεί να συγκριθεί με τα άλλα τελικά τμήματα: 11-, 12-, 13-, 21-, 22-, 23-, 31-, 32-, 33-, 41-, 42-, 43-. (από Mueller και συν. 1990)

◀ **Εικ. 1.3.** Τα μακρά οστά. 1, Βραχιόνιο. 2, Κερκίδα/Ωλένη. 3, Μηριαίο. 4, Κνήμη/ Περώνη. Το μαύρο τετράγωνο δείχνει την αναλογία του αλφαριθμητικού κώδικα που απεικονίζεται. ( Mueller και συν. 1990)

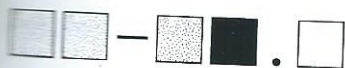
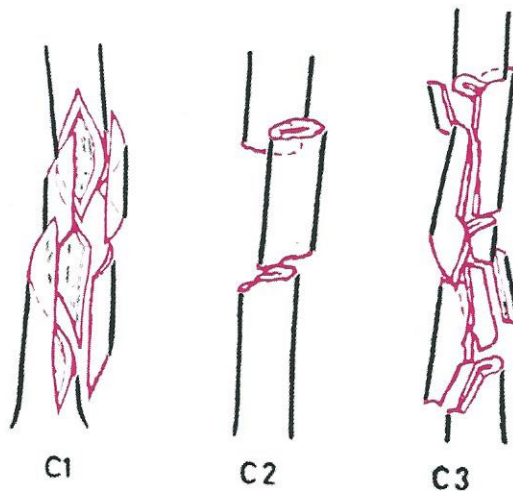
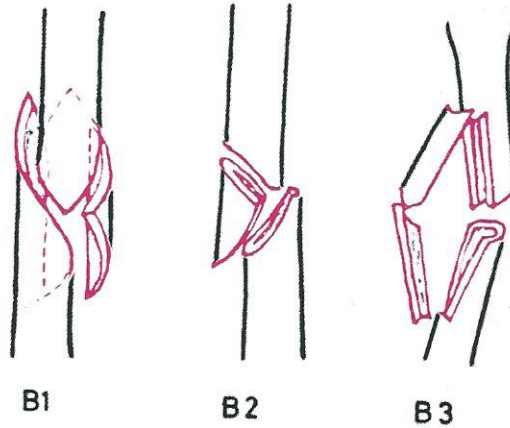




Εικ. 1.5. Οι τύποι καταγμάτων της διάφυσης. Α, απλό κάταγμα, Β, σφηνοειδές κάταγμα, C, σύνθετο κάταγμα. (από Mueller και συν. 1990)

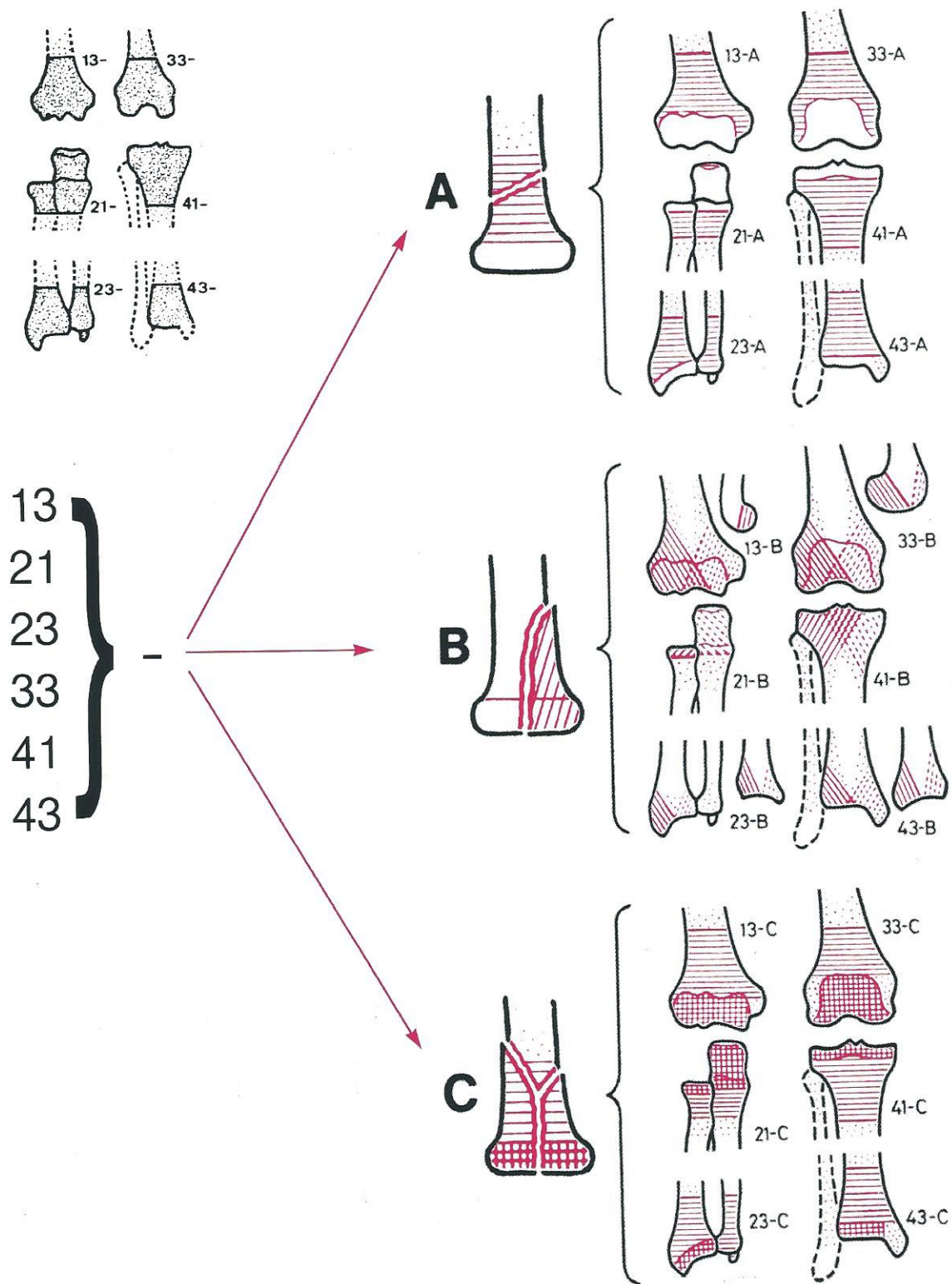


12 } A  
 32 } B  
 42 } Γ



Εικ. 1.6. Οι ομάδες των καταγμάτων διάφρασης του αριθμού -, μηριαίου και κνήμης/περόνης. A1, απλό, σπειροειδές κάταγμα. A2, απλό, σπειροειδές κάταγμα ( $\geq 30^\circ$ ). A3, απλό, εγκάρσιο κάταγμα ( $< 30^\circ$ ). B1, σφηνοειδές κάταγμα, σπειροειδής σφήνα. B2, σφηνοειδές κάταγμα, κα-

μπτική σφήνα. B3, σφηνοειδές κάταγμα, συντριπτική σφήνα. C1, σύνθετο, σπειροειδές κάταγμα. C2, σύνθετο τμηματικό κάταγμα. C3, σύνθετο, ακανόνιστο κάταγμα. (Mueller και συν. 1990).



Εικ. 1.7. Οι τύποι των καταγμάτων των τμημάτων 13- και 33-, 21- και 41-, 23- και 43-. A, εξωαρθρικά κατάγματα. B, τμηματικό ενδοαρθρικό κάταγμα. C, πλήρες ενδοαρθρικό κάταγμα (Mueller και συν. 1990).

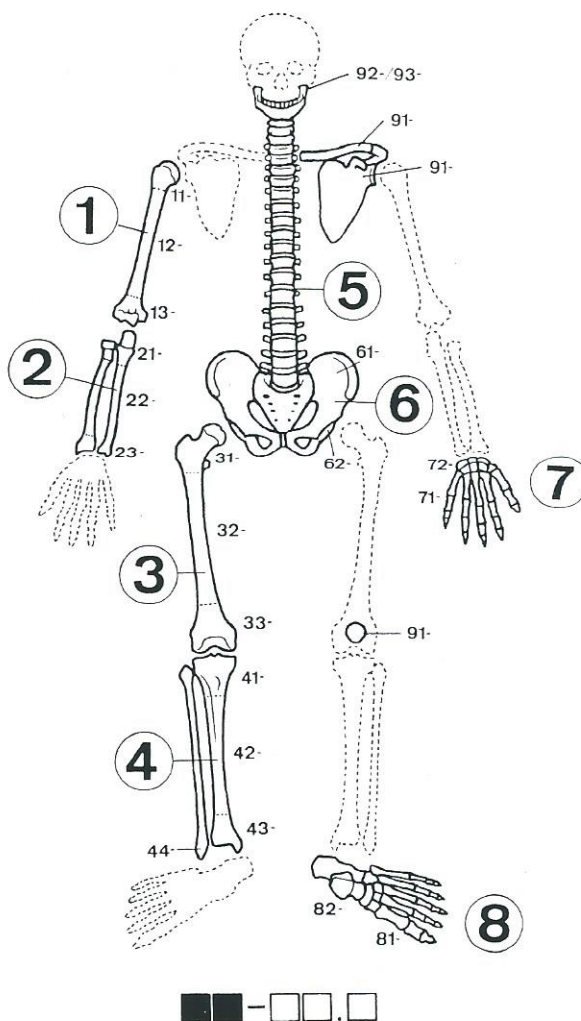


Αυτό επιτεύχθηκε βασιζοντας την ταξινόμηση σε τρεις τύπους καταγμάτων, τους τύπους Α, Β και C και στις αντίστοιχες ομάδες και υποομάδες. Τα γράμματα Α, Β και C αντιπροσωπεύουν τύπους καταγμάτων με σειρά αυξανόμενης δυσκολίας. Κάθε τύπος κατάγματος έχει τρεις ομάδες Α1, Α2 και Α3, Β1, Β2 και Β3 και C1, C2 και C3 και κάθε ομάδα έχει τρεις υποομάδες Α1.1, Α1.2, κλπ. Οι ομάδες και οι υποομάδες είναι επίσης ταξινομημένες με σειρά αυξανόμενης δυσκολίας (εικ. 1.2). Αυτός ο τρόπος οργάνωσης των καταγμάτων στην ταξινόμηση, με σειρά αύξουσας δυσκολίας, έχει εισαγάγει τη μεγάλη κλινική σημασία που έχει η αναγνώριση του τύπου του κατάγματος.

Η ταξινόμηση διακρίνει κάθε μακρό οστό στη διάφυση και σε δυο ακραία τμήματα (εικ. 1.3, 1.4). Επειδή η διάκριση ανάμεσα στη διάφυση και στη μετάφυση είναι σπάνια καθορισμένη ανατομικά με σαφήνεια, η ταξινόμηση χρησιμοποιεί τη μέθοδο των τετραγώνων με σκοπό να ορίσει τα ακραία τμήματα με μεγαλύτερη ακρίβεια (εικ. 1.4). Η εντόπιση του κατάγματος έχει επίσης απλουστευθεί, σημειώνοντας τη σχέση την οποία έχει η εστία του κατάγματος με το τμήμα.

Οι συγγραφείς της Συνοπτικής Ταξινόμησης των Καταγμάτων των Μακρών Οστών ανέπτυξαν επίσης μια νέα ορολογία, η οποία είναι τόσο ακριβής, ώστε να είναι σήμερα εφικτό να περιγραφεί ένα κάταγμα με τόσο μεγάλη ακρίβεια, ώστε να πλεονάζει η απεικονιστική του παρουσίαση. Η νέα, ακριβής ταξινόμηση διαιρεί τα κατάγματα σε απλά και πολυτμηματικά (εικ. 1.5). Τα πολυτμηματικά κατάγματα υποδιαιρούνται ακόμα σε σφηνοειδή και σύνθετα κατάγματα, όχι όμως λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των οστικών τεμαχίων, αλλά κυρίως τον αν, μετά την ανάταξη, τα κύρια κατεαγότα τμήματα βρίσκονται σε επαφή ή όχι. Από τη σκοπιά της αντιμετώπισης αυτό είναι στην πραγματικότητα το πιο ουσιαστικό στοιχείο. Έτσι, ένα πολυτμηματικό κάταγμα, με κάποια επαφή μεταξύ των κυρίων οστικών τμημάτων, θεωρείται ως σφηνοειδές κάταγμα. Έχει αναγνωρίσιμο μήκος και στρωτική ευθυγράμμιση. Αυτά δε διαπιστώνονται σε ένα σύνθετο κάταγμα, όπου δε μπορεί να επιτευχθεί, μετά την ανάταξη, επαφή μεταξύ των κύριων οστικών τμημάτων (εικ. 1.6). Ως ενδαρθρικά κατάγματα ορίζονται εκείνα, στα οποία συμμετέχει η αρθρική επιφάνεια, ανεξάρτητα από το εάν το κάταγμα είναι ενδοθυλακικό ή όχι. Ακόμη γίνεται διάκριση μεταξύ των τμηματικών και των ολοκληρωμένων ενδαρθρικών καταγμάτων (εικ. 1.7).

Ένα κάταγμα χαρακτηρίζεται από το συνδυασμό της εντόπισής του και της μορφολογικής του πολυπλοκότητάς. Με σκοπό τη διευκόλυνση της εισόδου των στοιχείων σε Η/Υ και την ανεύρεση των περιστατικών, δημιουργήθηκε ένας αλφαριθμητικός κώδικας. Στα οστά του σκελετού δόθηκαν αριθμοί (εικ. 1.8). Τα τμήματα αριθμούνται από το 1 μέχρι το 3, προχωρώντας από το κέντρο προς την περιφέρεια. Έτσι είναι δυνατό να παρουσιαστεί η εντόπιση ενός κατάγματος συνδυάζοντας τον αριθμό του οστού με τον αριθμό, ο οποίος εκφράζει το προσβληθέν τμήμα: για παράδειγμα ένα κάταγμα του κεντρικού πέρατος του βραχιόνιου λαμβάνει τον αριθμό 11- και ένα κάταγμα του περιφερικού άκρου του μηριαίου τον αριθμό 33-. Η μορφολογία του κατάγματος εκφράζεται με το συνδυασμό των γραμμάτων Α, Β και C και τους αριθμούς 1, 2 και 3, οι οποίοι, όταν συνδυαστούν με ένα συγκεκριμένο τρόπο, ορίζουν τον τύπο του κατάγματος, την ομάδα και την υποομάδα. Η διάγνωση μπορεί να κωδικοποιηθεί χρησιμοποιώντας έναν αλφαριθμητικό κώδικα (εικ. 1.9). Όπως αναφέρθηκε, αυτός ο αλφαριθμητικός κώδικας, δημιουργήθηκε μόνο

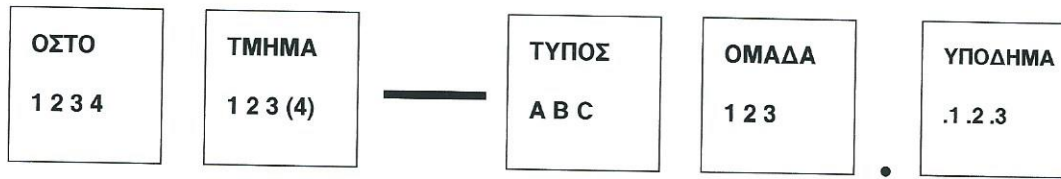


**Εικ. 1.8.** Τα οστά και τα τμήματά τους. Μια επισκόπηση ολοκλήρου του σκελετού. 1, Το βραχιόνιο και τρία τμήματά του. Κεντρικό, διαφυσικό και περιφερικό. 2, Η κερκίδα/ωλένη και τα τρία τμήματά τους. Κεντρικό, διαφυσικό και περιφερικό. 3, Το μηριαίο και τα τρία τμήματά του. Κεντρικό, διαφυσικό και περιφερικό. 4, Η κνήμη/περόνη και τα τέσσερα τμήματά τους. Κεντρικό, διαφυσικό, περιφερικό και σφυρών. 5, Η σπονδυλική στήλη και τα τρία τμήματά της: Αυχενική, θωρακική και οσφυϊκή μοίρα. 6, Η πύελος και τα δύο τμήματά της: Εξωαρθρικό και κοτύλη. 7, Η χείρα. 8, Ο πόδας. 9, Τα υπόλοιπα οστά: 91.1, επιγονατίδα, 91.2, κλείδα, 91.3, ωμοπλάτη, 92, κάτω γνάθος, 93, οστά του προσώπου και σπλαγχνικού κρανίου. (Mueller και συν. 1990)

για την καταχώρηση των στοιχείων σε Η/Υ και για την ανεύρεση στοιχείων και όχι για την προφορική επικοινωνία. Στην προφορική επικοινωνία ο κλινικός ιατρός θα πρέπει να χρησιμοποιεί ορολογία, η οποία θα είναι τόσο ακριβής, ώστε να περιγράφεται πλήρως η ουσία του κατάγματος, καθιστώντας πλέον μη απαραίτητη την απεικόνιση του κατάγματος.

Έχουμε αξιολογήσει αυτή την ταξινόμηση των καταγμάτων σε δύο ξεχωριστές κλινικές μελέτες (Schatzker και Lichtenhahn, μη δημοσιευμένα στοιχεία: Schatzker και Tornkvist,





Εικ. 1.9. Η κωδικοποίηση της διάγνωσης

μη δημοσιευμένα στοιχεία). Αξιολογήθηκε η μεταβλητότητα ανάμεσα στον ίδιο και μεταξύ διαφορετικών παρατηρητών, όσον αφορά τους τύπους των καταγμάτων, τις ομάδες και τις υποομάδες. Η συμφωνία για τους τύπους των καταγμάτων ήταν κοντά στο 100%, για τις ομάδες των καταγμάτων μεταξύ 80 και 85%, αλλά για τις υποομάδες των καταγμάτων ήταν μόνο μεταξύ 50% και 60%. Πιστεύουμε επομένως, ότι ο κλινικός ιατρός πρέπει να στηρίζεται κυρίως στην αναγνώριση των τύπων και των ομάδων των καταγμάτων. Η ταξινόμηση σε υποομάδες καταγμάτων θα πρέπει να γίνεται μόνο σε ερευνητικές μελέτες.

Η ταξινόμηση των κακώσεων των μαλακών ιστών στα ανοικτά κατάγματα παραμένει ένα πρόβλημα, το οποίο χρειάζεται περισσότερη μελέτη. Πολλοί παρατηρητές έχουν προσπαθήσει να ταξινομήσουν τα ανοικτά κατάγματα (Allgoewer 1971; Guistilo και Andersson 1976; Tscherne και Gotzen 1984; Lange και συν. 1985). Μια περαιτέρω ταξινόμηση των κακώσεων των μαλακών ιστών παρουσιάστηκε στην 3η έκδοση του Εγχειριδίου Εσωτερικής Οστεοσύνθεσης (Mueller και συν. 1991). Σε αυτή την τελευταία προσπάθεια χορηγείται ένας κωδικός για τον τραυματισμό καθενός από τα συστατικά στοιχεία του περιβλήματος των μαλακών μορίων και δε χρησιμοποιείται κανένα από τα υπάρχοντα συστήματα ταξινόμησης. Ένα νέο σχήμα ταξινόμησης, το οποίο θα περιέγραφε τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των συστατικών στοιχείων των μαλακών μορίων, θα αναγνώριζε τη σοβαρότητά του τραυματισμού τους και θα υποδείκνυε τη δυναμική λειτουργική απώλεια με απλό και περιεκτικό τρόπο και το οποίο θα μπορούσε να εκφραστεί με έναν απλό κωδικό χαρακτηρισμό, θα ήταν μεγάλης κλινικής και ερευνητικής αξίας.

#### 1.1.4 Αποτελέσματα του Κατάγματος

Όταν ένα οστό υποστεί θραύση χάνει τη δομική του συνέχεια. Η απώλεια της δομικής συνέχειας το καθιστά μηχανικά απρόσφορο επειδή δεν είναι ικανό να αντέξει σε καμία φόρτιση.

#### 1.1.5 Η Συνιστώσα Μαλακοί Ιστοί και Ταξινόμηση των Τραυματισμών των Μαλακών Ιστών.

Έχουμε αναφερθεί στην πτωχότερη πρόγνωση των τραυματισμών υψηλής ταχύτητας, εξαιτίας του μεγαλύτερου τραυματισμού του περιβλήματος των μαλακών ιστών. Η ύπαρξη μακροχρόνιας αναπηρίας μετά από ένα κάταγμα δεν είναι σχεδόν ποτέ αποτέλεσμα του τραυματισμού μόνο του οστού, αλλά είναι το αποτέλεσμα του τραυματισμού των μαλακών μορίων και της δυσκαμψίας των γειτονικών αρθρώσεων.

Σε ένα κλειστό κάταγμα, ο τραυματισμός των περιβαλλόντων ιστών, προκαλεί μια οξεία φλεγμονώδη αντίδραση, η οποία προκαλεί την παραγωγή ινώδους και πρωτεϊνικού υγρού. Εάν, μετά τον τραυματισμό, οι τένοντες και οι μύες δεν εξαναγκασθούν να ολισθήσουν μεταξύ τους, είναι δυνατό να αναπτυχθεί φλεγμονή, η οποία θα οδηγήσει σε εξάλειψη των χώρων μεταξύ των ιστών και στη μετατροπή του περιβλήματος των μαλακών ιστών σε μια μάζα χωρίς λειτουργικότητα.

Σε ένα ανοικτό κάταγμα, πέραν της πιθανής ουλοποίησης από την ακινητοποίηση, υπάρχει και άμεσος τραυματισμός στους μύες και στους τένοντες και σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας τις επιδράσεις της φλεγμονής. Πράγματι, η φλεγμονή είναι η πιο σοβαρή επιπλοκή του τραύματος γιατί, πέρα από την ουλοποίηση εξαιτίας του αρχικού τραυματισμού, η επιμόλυνση επιδεινώνει την ίνωση, εξαιτίας του επιπλέον ιστικού τραυματισμού και της συχνά απαραίτητης παρατεταμένης ακινητοποίησης, μέχρι να αντιμετωπιστεί η φλεγμονή.

Η δυσκαμψία των γειτονικών αρθρώσεων, σε εξωαρθρικά κατάγματα, είναι επίσης αποτέλεσμα της ακινητοποίησης. Η παρατεταμένη ακινητοποίηση οδηγεί σε ατροφία του αρθρικού χόνδρου, σε συρρίκνωση του αρθρικού θυλάκου και των συνδέσμων και στη δημιουργία ενδαρθρικών συμφύσεων. Το μεσάρθριο διάστημα, το οποίο σε φυσιολογική κατάσταση είναι γεμάτο με αρθρικό υγρό, γεμίζει με συμφύσεις, οι οποίες συνδέουν τις αρθρικές επιφάνειες μεταξύ τους. Στις τοπικές επιδράσεις επιπροστίθεται οπωσδήποτε και τη δράση δίκην τεντωμένου σκοινιού των ουλοποιημένων μαλακών μορίων.

Αν και η σημασία του παράγοντα μαλακά μόρια στα ανοικτά κατάγματα έχει αναγνωριστεί εδώ και πολύ καιρό, ο τραυματισμός των μαλακών μορίων στα κλειστά κατάγματα ταξινομήθηκε πρόσφατα (Tscherne και Brueggemann 1976; Tscherne και Oestern 1982; Tscherne και Gotzen 1984; Mueller και συν. 1991).

#### 1.2 Στόχοι της Αντιμετώπισης

Η απώλεια της λειτουργικότητας του περιβλήματος των μαλακών μορίων λόγω της ουλοποίησης και της δευτερογενούς δυσκαμψίας των αρθρώσεων, μπορεί να προληφθεί μόνο με την πρώιμη κινητοποίηση. Έτσι, η σύγχρονη αντιμετώπιση των καταγμάτων δεν εστιάζεται στην πώρωση του κατάγματος σε βάρος της λειτουργίας, αλλά εστιάζεται κυρίως στην αποκατάσταση της λειτουργίας των μαλακών μορίων και των γειτονικών αρθρώσεων. Μια παραμόρφωση ή μια ψευδάρθρωση είναι σχετικά εύκολο να διορθωθεί όταν είναι καλή η λειτουργικότητα των μαλακών μορίων, ενώ είναι συχνά μόνιμη εάν υπάρχει ουλοποίηση, εξάλειψη της δυνατό-



τητας ολίσθησης μεταξύ των μαλακών μορίων και αρθρική δυσκαμψία. Ο σύγχρονος χειρουργός καταγμάτων πρέπει να κατευθύνει την αντιμετώπιση στην κατεύθυνση της, όσο το δυνατό ταχύτερης, επιστροφής της λειτουργίας και της κίνησης, ενώ η πάρωση του κατάγματος θεωρείται δευτερεύουσας σημασίας.

Η σύγχρονη λειτουργική αντιμετώπιση των καταγμάτων δεν δίνει έμφαση μόνο στην εγχειρητική αντιμετώπιση. Χρησιμοποιεί και ειδικούς νάρθηκες για τα οστά, οι οποίοι επιτρέπουν την πρώιμη επιστροφή της λειτουργίας και της κίνησης. Υπάρχουν, *par' όλα αυτά*, περιορισμοί στις μεθόδους συντηρητικής αντιμετώπισης, τους οποίους θα αναλύσουμε και θα συζητήσουμε στα διάφορα κεφάλαια. Είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε κατάγματα που η γωνίωση, η στροφή και η βράχυνση μπορούν να ελεγχθούν. Η συντηρητική αγωγή περιορίζεται μόνο σε ορισμένα κατάγματα μακρών οστών. Η εφαρμογή της σε ενδαρθρικά και περιαρθρικά κατάγματα είναι πολύ περιορισμένη.

Η πρώιμη επιστροφή της πλήρους λειτουργικότητας μετά από ένα κάταγμα, μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν η επαρκώς σταθερή εσωτερική οστεοσύνθεση εξαλείψει τον πόνο του κατάγματος και επιτρέψει την πρώιμη επανάκτηση της κινητικότητας με μερική φόρτιση, χωρίς τον κίνδυνο αποτυχίας της οστεοσύνθεσης και, σαν αποτέλεσμα αυτής, τη δημιουργία ψευδάρθρωσης ή επιβραδυνόμενης πάρωσης. Με μη λειτουργικές μεθόδους η πλήρης επιστροφή της λειτουργικότητας επιτυγχάνεται σπάνια και μόνο μετά από μια μακρά περίοδο αποκατάστασης.

### 1.3 Πρότερη Εμπειρία με την Εσωτερική Οστεοσύνθεση

Η εσωτερική οστεοσύνθεση δεν είναι μια νέα επιστήμη. Τα τελευταία 50 χρόνια έχουμε συλλέξει μια πληθώρα στοιχείων για τα αποτελέσματα της ασταθούς εσωτερικής οστεοσύνθεσης. Η χειρουργική είχε συχνά παρουσιαστεί ότι ήταν η χειρότερη μορφή αντιμετώπισης. Κατέστρεφε τις προσφύσεις των μαλακών μορίων με τα οστά, παρενέβαινε σε βιολογικούς παράγοντες, όπως στην αιματική παροχή και στην ακεραιότητα του περιόστεου και πότε δεν ήταν επαρκώς ισχυρή ή σταθερή για να επιτραπεί η ενεργητική κινητοποίηση των άκρων και η μερική φόρτιση. Ήταν συχνά αναγκαία η επιπρόσθετη εξωτερική σταθεροποίηση με γύψο. Η έμφαση είχε δοθεί στην πάρωση του οστού και όχι στην αποκατάσταση των μαλακών ιστών. Η πάρωση θεωρείτο ότι είχε επιτευχθεί μόνο όταν παρουσιάζονταν πάρος. Δυστυχώς, η ασταθής οστεοσύνθεση ήταν απρόβλεπτη και αβέβαιη και πολλές φορές είχε σαν αποτέλεσμα την καθυστερημένη πάρωση, τη ψευδάρθρωση ή την παραμόρφωση. Όταν επιτυγχάνονταν η πάρωση αντί να επέρχεται και το τέλος της αντιμετώπισης σηματοδοτούνταν η έναρξη μιας παρατεταμένης χρονικής περιόδου αποθεραπείας, η οποία στόχευε στην επανάκτηση της κινητικότητας του περιβλήματος των μαλακών ιστών και των δύσκαμπτων αρθρώσεων. Τα αποτελέσματα αυτής της παρατεταμένης, μη λειτουργικής μορφής αντιμετώπισης ήταν τέτοια, ώστε η ανοικτή ανάταξη και η εσωτερική οστεοσύνθεση αντιμετώπιζονταν ως η τελευταία λύση για την αντιμετώπιση ενός κατάγματος.

### 1.4 Ακαμψία και Σταθερότητα

Είναι σημαντικό να κάνουμε τη διάκριση μεταξύ της ακαμψίας και της σταθερότητας. Η ακαμψία είναι η φυσική ιδιότητα ενός εμφυτεύματος. Αναφέρεται στην ικανότητά του να ανθίσταται στην παραμόρφωση. Έτσι, σε μια εσωτερική οστεοσύνθεση, οι συσκευές οστεοσύνθεσης που χρησιμοποιούνται μπορεί να διαθέτουν ακαμψία, αλλά η οστεοσύνθεση του κατάγματος να είναι ασταθής.

Η εισαγωγή της έννοιας της συμπίεσης εισήγαγε και την έννοια της σταθερότητας. Η σταθερότητα επιτυγχάνεται όχι με την ακαμψία του εμφυτεύματος, αλλά κυρίως από την ενσφήνωση των κατεαγόντων τμημάτων. Η στενή επαφή των οστικών τεμαχίων, που επιτυγχάνεται με τη συμπίεση, αποκαθιστά τη δομική συνέχεια και τη σταθερότητα και επιτρέπει την άμεση μεταφορά φορτίων από οστικό τεμάχιο σε τεμάχιο, παρά με τη μεσολάβηση του εμφυτεύματος. Η σταθερή οστεοσύνθεση επαναφέρει την ικανότητα των οστών να δέχονται φορτία. Έτσι μειώνονται σημαντικά οι τάσεις που δέχεται το εμφύτευμα και προστατεύεται από μηχανική υπερφόρτιση ή αποτυχία λόγω κόπωσης.

Ο Key (1932) και ο Charnley (1973) ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τη συμπίεση για να επιτύχουν σταθερή οστεοσύνθεση. Και οι δύο την εφάρμοσαν σε ευρείες σπογγώδεις επιφάνειες, μέσω μιας εξωτερικής συσκευής συμπίεσης. Παρόμοιες προσπάθειες με σκοπό να επιτευχθεί πάρωση σε φλοιώδες οστό απέτυχαν. Η απορρόφηση γύρω από τις βελόνες της εξωτερικής οστεοσύνθεσης που χρησιμοποιήθηκε για να σταθεροποιήσει τα φλοιώδη οστικά τεμάχια, θεωρείτο ότι συνέβαινε λόγω της νέκρωσης του φλοιού από την εξάσκηση πίεσης. Οι σπογγώδεις επιφάνειες, κάτω από συμπίεση, πωρώνονταν γρήγορα και αρχικά πιστευόνταν ότι η συμπίεση αποτελούσε ένα οστεογενετικό έναυσμα στο οστό. Η αποτυχία πάρωσης του φλοιώδους οστού οδήγησε στη γενική αποδοχή της υπόθεσης ότι το φλοιώδες και το σπογγώδες οστό συμπεριφέρονται διαφορετικά και πιθανώς πωρώνονται με διαφορετικούς μηχανισμούς.

Από τότε έχει αποδειχθεί ότι, κάτω από συνθήκες απόλυτης σταθερότητας, τόσο το σπογγώδες όσο και το φλοιώδες οστό, πωρώνονται με πρωτογενή, άμεση ή αιματογενή οστική πάρωση (πρωτογενής οστική πάρωση). Η απλή εξωτερική οστεοσύνθεση του Charnley εφαρμοζόμενη στις ευρείες, επίπεδες, σπογγώδεις επιφάνειες μιας αρθρόδεσης, ήταν δυνατό να πετύχει απόλυτη σταθερότητα. Το ίδιο σύστημα εφαρμοζόμενο σε διαφύσεις, όπου έρχονταν σε επαφή σωληνώδη οστικά τεμάχια αντί για ευρείες και επίπεδες επιφάνειες, είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός συστήματος με σχετική αστάθεια και με μικροκίνηση μεταξύ των κατεαγόντων άκρων. Η απορρόφηση γύρω από τις βελόνες και στην εστία του κατάγματος, ήταν αποτέλεσμα αυτής της κίνησης και όχι λόγω νέκρωσης από πίεση.

Ο Danis το 1949 (Mueller και συν. 1970) ήταν ο πρώτος που απέδειξε ότι τα φλοιώδη κατεαγότα τμήματα, σταθεροποιούμενα με μία ειδική πλάκα, η οποία ήταν δυνατό να ασκήσει αξονική συμπίεση και να επιτύχει την απόλυτη σταθερότητα του κατάγματος, πωρώνονταν χωρίς ακτινολογικά ορατό πάρος. Ο Danis χαρακτήριζε αυτό τον τύπο πάρωσης "πρωτογενή οστική πάρωση". Μελέτες σε πειραματικά μοντέλα από τους Schenk και Willenegger (1963) αποκάλυψαν ένα διαφορετικό τύπο πάρωσης από αυτόν, ο οποίος συνήθως συνδυάζονταν με την πάρωση των καταγμάτων. Η πώ-



ρωση επιτυγχάνονταν με την άμεση δημιουργία οστού, παρά με τη δημιουργία πόρου, και την ενδοχόνδρινη οστεοποίηση. Διαφορετικά στάδια πώρωσης παρατηρούνταν όταν τα οστά βρίσκονταν σε επαφή και όταν υπήρχαν κενά.

Σε περιοχές επαφής παρατηρήθηκε ότι η πώρωση ήταν αποτέλεσμα πολλαπλασιασμού νέων οστεόνων, οι οποίοι προέρχονταν από τα εναπομένοντα ανοικτά αβερσιανά συστήματα. Οι οστεόνες μεγάλωναν παράλληλα με τον επιμήκη άξονα του οστού, δια των νεκρωτικών άκρων του οστού και στη συνέχεια διέσχιζαν το κάταγμα. Αυτοί οι οστεόνες, μπορούσαν να παρατηρηθούν σε μια μυριάδα μικρών οστικών συνδετικών πείρων, οι οποίοι αποκαθιστούσαν τη συνέχεια του οστού. Οι τριχοειδείς θηλές, οι οποίες προέρχονταν από τα τριχοειδή, μετατρέποντουσαν σε κώνους διεύδυσης (cutting cone). Αυτοί αποτελούνταν από οστεοκλάστες, ακολουθούμενοι από τις τριχοειδικές θηλές και περιβάλλονταν από μια δέσμη οστεοβλαστών, οι οποίοι παρήγαγαν οστό. Με αυτό τον τρόπο υπήρχε ταυτόχρονα οστική απορρόφηση και παραγωγή. Αυτό το γεφύρωμα της καταγματικής γραμμής από οστεόνες, που δημιουργεί μια οστεονική πώρωση, μπορεί να συμβεί μόνο όπου το οστό βρίσκεται σε άμεση επαφή και όπου υπάρχει απόλυτη σταθερότητα των καταγμάτων, χωρίς καμία κίνηση στην καταγματική επιφάνεια. Σε αυτό τον τύπο πώρωσης δεν υπάρχει καθαρή απορρόφηση στην καταγματική επιφάνεια. Για κάθε μικρό κομμάτι οστού που αφαιρείται δημιουργείται νέο οστό. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η εσωτερική οστεοσύνθεση δεν οδηγεί σε σχετική απομάκρυνση των οστικών τεμαχίων γιατί δε συμβαίνει καθαρή απορρόφηση οστού.

Οι περιοχές του οστού, μεταξύ των οποίων υπάρχουν ελλείμματα παρουσιάζουν πρώτες απ' όλες μια κατάληψη των κενών από αιμοφόρα αγγεία, περιβαλλόμενα από οστεοβλάστες. Οι οστεοβλάστες δημιουργούν οστεοειδές, το οποίο γεφυρώνει τα κενά και επιτρέπει την έναρξη του δεύτερου σταδίου. Το δεύτερο στάδιο είναι παρόμοιο με αυτό που παρατηρείται στην πώρωση με επαφή που περιγράφηκε παραπάνω. Εξέταση ανθρώπινου υλικού (R. Schenk, προσωπική επικοινωνία) από αυτοψίες ασθενών, των οποίων κατάγματα είχαν χειρουργηθεί, αποκάλυψαν ότι τα φαινόμενα πώρωσης με επαφή και πώρωσης με ύπαρξη ελλείμματος, που είχαν καταγραφεί πειραματικά, συνέβαιναν και κλινικά. Η μελέτη υλικού από ασθενείς, που τα κατάγματά τους παρουσίαζαν περιοχές συντριβής, απέδειξε ότι, αν και η πώρωση έμοιαζε αδιατάρακτη, τα ελεύθερα οστικά τεμάχια, των οποίων η αι-

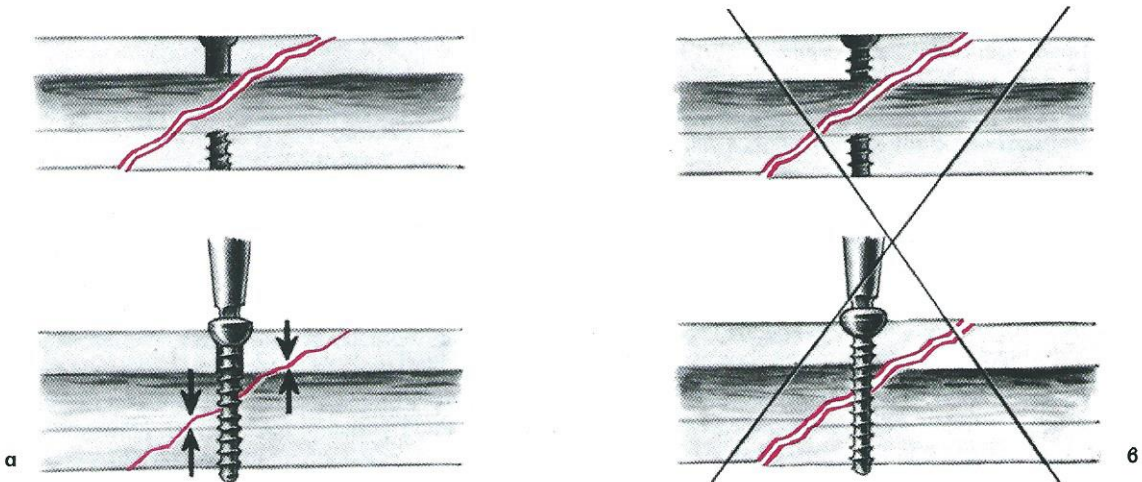
μάτωση είχε διαταραχθεί, υπολείπονταν πολύ στο βαθμό επαναγγείωσης και ανακατασκευής. Έτσι, ο ρυθμός επαναγγείωσης και πώρωσης φάνηκε ότι επηρεαζόταν από τη σοβαρότητα της συντριβής, το βαθμό της αρχικής παρεκτόπισης - επειδή έχει σχέση με τη σοβαρότητα της νέκρωσης των οστικών τεμαχίων - και την παρουσία και τη σοβαρότητα της κάκωσης των μαλακών μορίων. Αυτή η τελευταία παρατήρηση είναι ιδιαίτερης σημασίας αναφορικά με την αφαίρεση των υλικών οστεοσύνθεσης γιατί, ούτε κάθε κάταγμα, ούτε όλες οι περιοχές του ίδιου κατάγματος θα έχουν προχωρήσει στον ίδιο βαθμό ανακατασκευής σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα από τη στιγμή του τραυματισμού. Με την πρωτογενή οστική πώρωση, παρατηρούμε ένα βιολογικό φαινόμενο, το οποίο είναι διαφορετικό από την πώρωση σε συνθήκες σχετικής σταθερότητας που συνοδεύεται από τη δημιουργία πόρου. Η πρωτογενής οστική πώρωση δεν είναι κατ' ανάγκη καλύτερη και σίγουρα στα πρώτα στάδια το οστό είναι ασθενέστερο από το οστό που γεφυρώνεται από έναν περιφερικό ομόκεντρο πόρο.

## 1.5 Μέθοδοι Σταθερής Οστεοσύνθεσης

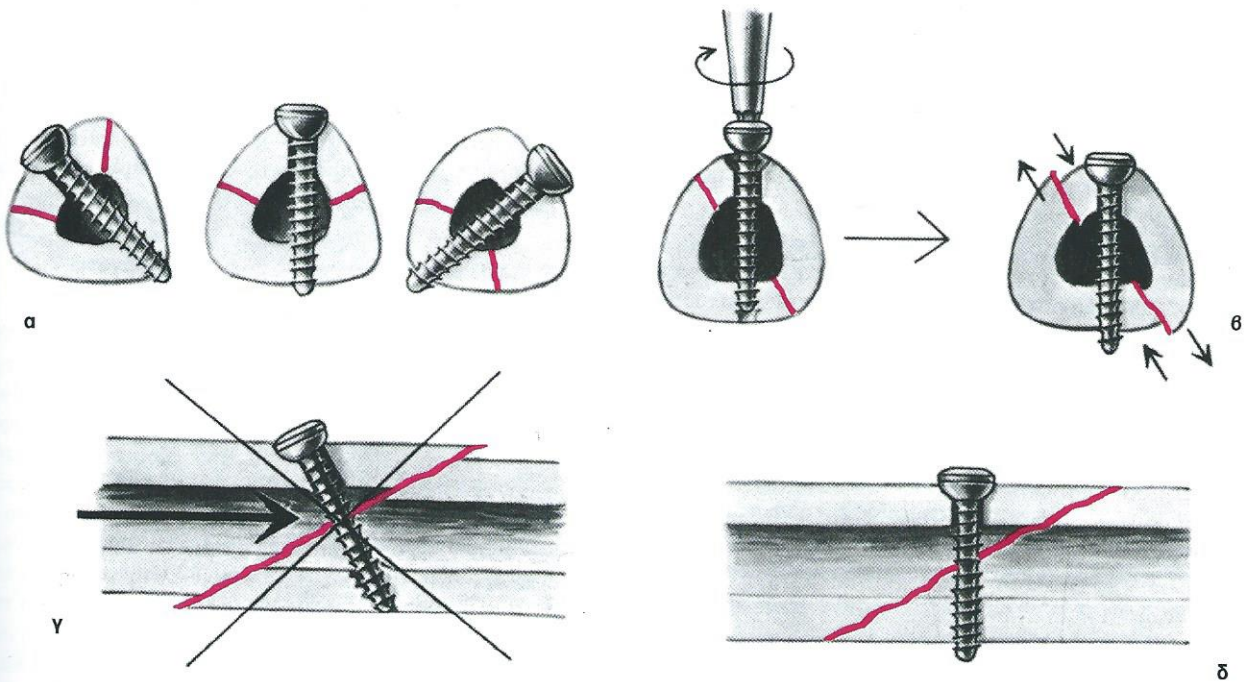
### 1.5.1 Συμπιεστικός Κοχλίας

Η συμπίεση ασκεί την ευεργετική της δράση στην οστική πώρωση δημιουργώντας ένα περιβάλλον απόλυτης σταθερότητας, όταν δεν υπάρχει μικροκίνηση μεταξύ των οστικών τεμαχίων. Η πώρωση, η οποία επιτυγχάνεται είναι πρωτογενής. Κατά συνέπεια, η ζωτικότητα των οστικών τεμαχίων δεν είναι προϋπόθεση για την πώρωση. Όσο διατηρείται η απόλυτη σταθερότητα τα κατεαγότα τεμάχια θα επαναγγειωθούν, θα

**Εικ. 1.10 α, β.** Ο διακαταγματικός κοχλίας. **α.** Η οπή που είναι κοντά στην κεφαλή του κοχλίου είναι ευρύτερη από τη διάμετρο του σπειράματος. Αυτή είναι η οπή ολίσθησης. Η οπή στο απέναντι φλοιό είναι η οπή σπειράματος. Καθώς σφίγγεται ο κοχλίας συμπιέζονται τα δύο κατεαγότα τμήματα. **β.** Και οι δύο οπές είναι οπές σπειράματος. Τα κατεαγότα άκρα δεν είναι δυνατό να συμπιεστούν (Mueller και συν. 1979).







**Εικ. 1.11 α,β.** Με σκοπό την εξάσκηση του πιο ικανοποιητικού βαθμού συμπίεσης, οι διακαταγματικοί κοχλίες πρέπει να τοποθετούνται στο κέντρο των οστικών τεμαχίων και σε ορθές γωνίες ως προς το επίπεδο του κατάγματος. Αν έχουν τοποθετηθεί έκκεντρα ή υπό γωνία, τα οστικά τμήματα παρεκτοπίζονται κατά τη στιγμή του σφίξιματος του κοχλίου, με αποτέλεσμα την απώλεια της ανάταξης. **γ.** Ένας διακαταγματικός κοχλίας που τοποθετείται σε ορθή γωνία ως προς το επίπεδο του κατάγματος προκαλεί καλύτερη συμπίεση, αλλά δεν παρέχει την καλύτερη σταθερότητα υπό αξονική φόρτιση γιατί τα οστικά τεμάχια μπορούν να ολισθήσουν το ένα πάνω στο άλλο, καθώς η κορυφή του κοχλίου εισέρχεται στην οπή σπειράματος. **δ.** Ο διακαταγματικός κοχλίας, τοποθετούμενος σε ορθή γωνία ως προς τον επιμήκη άξονα του οστού, μπορεί να προκαλέσει την πίεση στα οστικά τεμάχια να παρεκτοπιστούν, καθώς σφίγγεται ο κοχλίας, αλλά παρέχει την καλύτερη αντίσταση στην παρεκτόπιση υπό αξονική φόρτιση. Παρεκτόπιση μπορεί να συμβεί μόνο εάν το σπείραμα του κοχλίου καταστρέψει την οπή σπειράματος ή όταν η κεφαλή του κοχλίου βυθιστεί στην οπή ολίσθησης (Mueller και συν. 1979).

ανακατασκευαστούν και θα λάβει χώρα πρωτογενής πώρωση. Ο αρθρικός χόνδρος ευεργετείται επίσης από τη συμπίεση επειδή η απόλυτη σταθερότητα είναι αναγκαία για την αναγέννηση και την επούλωση του αρθρικού χόνδρου (Mitchell και Shepherd 1980). Η διακαταγματική συμπίεση έχει σαν αποτέλεσμα την ενσφήνωση των οστικών τεμαχίων και τη σημαντική αύξηση της αντίστασης στην κίνηση λόγω τριβής. Είναι επομένως η πιο σημαντική και αποτελεσματική μέθοδος για την αποκατάσταση της λειτουργίας και της δομικής συνέχειας του οστού. Επίσης ελαττώνει σημαντικά τις δυνάμεις που δέχεται η εσωτερική οστεοσύνθεση γιατί η μεταφορά των φορτίων λαμβάνει χώρα άμεσα μεταξύ των οστικών τεμαχίων. Με αυτό τον τρόπο η σταθερότητα επιτυγχάνεται όχι μόνο λόγω της ακαμψίας του εμφυτεύματος, αλλά κυρίως με τη συμπίεση και την οστική επαφή.

Ο απλούστερος τρόπος συμπίεσης δύο τεμαχίων οστού, είναι η σύνδεσή τους με έναν διακαταγματικό κοχλίο. Ο διακαταγματικός κοχλίας είναι το απλούστερο και πιο αποτελε-

σματικό εμφύτευμα για την εξασφάλιση διακαταγματικής συμπίεσης (εικ. 1.10).

Η εισαγωγή ενός κοχλίου στο οστό έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση τοπικής βλάβης, η οποία δίνει έναρξη σε μηχανισμούς άμεσης επιδιόρθωσης. Αυτό παρουσιάζεται ιστολογικά σα σχηματισμός νέου οστού, το οποίο ακολουθεί πιστά τη διαμόρφωση του σπειράματος του κοχλίου. Έτσι μετά την τοποθέτηση του κοχλίου, καθώς εξελίσσεται η πώρωση, αυξάνει η δύναμη συγκράτησής του, κορυφούμενη μεταξύ της 6ης και της 8ης εβδομάδας. Η δύναμη συγκράτησης σταδιακά μειώνεται, φθάνοντας σε ένα επίπεδο αρκετά μεγαλύτερο από αυτό που επιτυγχάνεται κατά τη στιγμή της τοποθέτησης (Schatzker και συν. 1975 β). Αυτό συμβαίνει γιατί, καθώς το οστό ωριμάζει και οργανώνεται, μεγάλο μέρος του νεοσχηματισθέντος, γύρω από τον κοχλίο, άωρου οστού απορροφάται.

Οι κοχλίες είναι δυνατό να χαράζουν μόνοι τους το σπείραμά τους ή όχι. Παλαιότερα, πιστεύονταν ότι η τοποθέτηση κοχλίων χωρίς τη χρήση σπειροτόμου είχε σαν αποτέλεσμα τη μικρότερη συγκράτηση στο οστό, γιατί η τοποθέτησή τους προκαλούσε μεγαλύτερη οστική βλάβη, με αποτέλεσμα την ενσωμάτωση του κοχλίου σε ινώδη ιστό και όχι σε οστό (Mueller και συν. 1979). Αυτή η αντίληψη αποδείχθηκε λανθασμένη. Ο ινώδης ιστός δημιουργείται σαν αποτέλεσμα αστάθειας και κίνησης μεταξύ του εμφυτεύματος και του οστού. Η αστάθεια παρουσιάζεται ιστολογικά σαν οστική απορρόφηση και δημιουργία ινώδους ιστού, με περιστασιακό σχηματισμό νησίδων χόνδρου και κυττάρων του τύπου των υμενικών κυττάρων (Schatzker και συν. 1975α). Παρά τη διαφορετική διαμόρφωση των σπειραμάτων των κοχλίων που εισάγονται με ή χωρίς σπειροτόμο, τα ίδια μεγέθη κοχλίων διαθέτουν σχεδόν την ίδια δύναμη συγκράτησης. Το πλεονέκτημα των κοχλίων που εισάγονται με σπειροτόμο, είναι ότι εισάγονται με πολύ μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια, ιδίως όταν ο κοχλίας εισάγεται λοξά σε παχύ φλοιό, πράγμα το οποίο συμβαίνει συχνά όταν κάνουμε διακαταγματική συμπίεση. Οι κοχλίες που εισάγονται χωρίς σπειροτόμο προσφέρουν το πλεονέκτημα της ταχύτητας στην τοποθέτηση και είναι καταλληλότεροι για τη σταθεροποίηση πλακών στο οστό.



Προκειμένου να προκληθεί ο μεγαλύτερος βαθμός διακαταγματικής συμπίεσης, οι διακαταγματικοί κοχλίες πρέπει να τοποθετηθούν στο κέντρο των οστικών τεμαχίων, με γωνία 90 ως προς το επίπεδο του κατάγματος (εικ. 1.11). Ένας μόνο διακαταγματικός κοχλίας δεν είναι ποτέ αρκετά ισχυρός για να πετύχει τη σταθερή οστεοσύνθεση των καταγμάτων της διάφυσης. Είναι απαραίτητοι τουλάχιστο δύο και, κατά προτίμηση, τρεις κοχλίες. Αυτό σημαίνει ότι μόνο μακρά λοξά και μακρά σπειροειδή κατάγματα είναι δυνατό να σταθεροποιηθούν μόνο με διακαταγματικούς κοχλίες και αυτό μόνο σε βραχέα, αυλοειδή οστά όπως οι φάλαγγες, τα μετακάρπια, τα μετατάρσια ή τα σφύρα. Εάν χρησιμοποιηθούν μόνο διακαταγματικοί κοχλίες για την οστεοσύνθεση μακρών οστών, όπως το μηριαίο ή το βραχιόνιο, συνήθως αποτυγχάνουν πρώιμα λόγω μηχανικής υπερφόρτισης. Συνεπώς, οι διακαταγματικοί κοχλίες χρησιμοποιούνται συχνότερα σε κατάγματα της διάφυσης των μακρών οστών σε συνδυασμό με πλάκες ουδετεροποίησης, αντιστήριξης και πλάκες με δράση ταινίας ελκυσμού, οι οποίες προστατεύουν την οστεοσύνθεση με τους κοχλίες από τη μηχανική υπερφόρτιση.

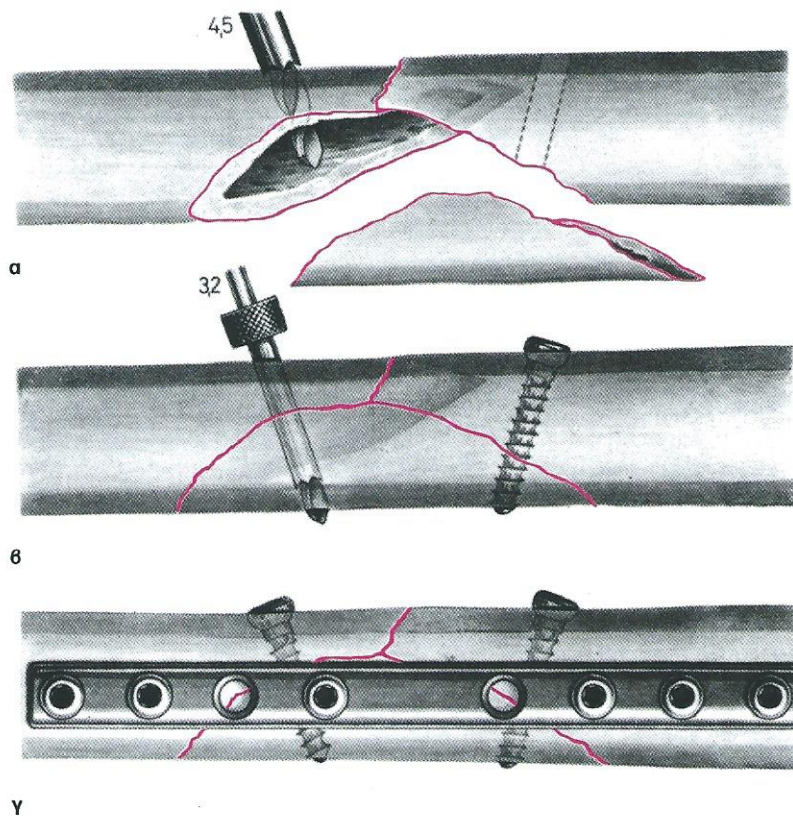
### 1.5.2 Διακαταγματικοί Κοχλίες, Ουδετεροποίηση και Αντιστήριξη

Οι πλάκες ουδετεροποίησης ή προστασίας χρησιμοποιούνται για να προστατεύουν την οστεοσύνθεση με διακαταγματικούς κοχλίες. Μεταφέρουν μέρος ή όλα τα φορτία από το ένα οστικό τεμάχιο στο άλλο. Με αυτό τον τρόπο προστατεύουν την οστεοσύνθεση από δυνάμεις λυγισμού, διάτμησης και στρέψης (εικ. 1.12).

Στις μεταφύσεις ο φλοιός είναι πολύ λεπτός και εάν φορτιστεί σημαντικά, μπορεί να υποστεί θραύση. Τέτοιου είδους αποτυχίες έχουν σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση και την αξονική υπερφόρτιση της άρθρωσης. Συνεπώς, η οστεοσύνθεση στις μεταφύσεις απαιτεί προστασία με πλάκες, οι οποίες υποστηρίζουν τον υποκείμενο φλοιό. Αυτές χαρακτηρίζονται ως πλάκες αντιστήριξης (εικ. 1.13). Η αντιστήριξη μπορεί επίσης να επιτευχθεί και με τη χρήση εξωτερικής οστεοσύνθεσης.

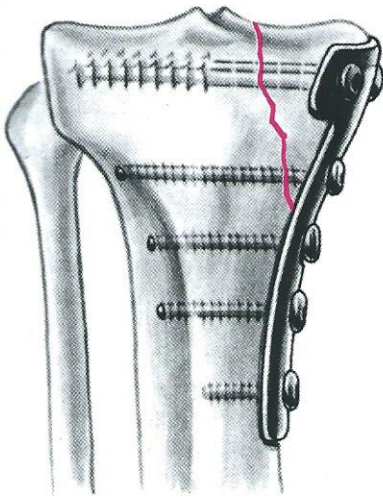
### 1.5.3 Πλάκα με Δράση Ταινίας Ελκυσμού

Τα βραχέα, λοξά ή εγκάρσια κατάγματα, δεν είναι κατάλληλα για να αντιμετωπιστούν με οστεοσύνθεση με διακαταγματικούς κοχλίες. Στις διαφύσεις της κνήμης, του μηριαίου και ενίοτε του βραχιόνιου, όπως θα δούμε στην παράγραφο για τη νάρθηκοποίηση, προτιμούμε την ενδομυελική ήλωση. Υπάρχουν πολλά εγκάρσια ή βραχέα λοξά κατάγματα διαφύσεων όπως της κερκίδας και της ωλένης, του βραχιόνιου ή μακρών οστών, τα οποία επεκτείνονται στις μεταφύσεις και τα οποία δεν είναι κατάλληλα για ενδομυελική ήλωση. Τα κατάγματα αυτά απαιτούν σταθερή οστεοσύνθεση. Τέτοιοι τύποι καταγμάτων είναι δυνατό να σταθεροποιηθούν με τη μέθοδο της συμπίεσης, αλλά αυτή η συμπίεση πρέπει να ασκείται κατά μήκος του επιμήκους άξονα του οστού. Τέτοιας μορφής συμπίεση μπορεί να εξασκηθεί μόνο από μια πλάκα. Εάν ένα κάταγμα αναταχθεί και η πλάκα εφαρμοστεί στο οστό με τέτοιο τρόπο, ώστε να προκληθεί αξονική συμπίεση, είτε με τη συσκευή ελκυσμού είτε με την αρχή της αυτοσυμπίεσης των πλακών δυναμικής συμπίεσης, DCP ή LCDCP η πλάκα αναφέρεται σαν πλάκα συμπίεσης (εικ. 1.14 α και β).



**Εικ. 1.12 α-γ.** Η πλάκα ουδετεροποίησης. Οι δύο διακαταγματικοί κοχλίες προκαλούν διακαταγματική συμπίεση (α,β). Η πλάκα ουδετεροποίησης στο γ γεφυρώνει τη ζώνη του κατάγματος και προστατεύει την οστεοσύνθεση με τους διακαταγματικούς κοχλίες από δυνάμεις λυγισμού και στρέψης (Mueller και συν. 1979)





Εικ. 1.13. Η πλάκα αντιστήριξης. Η πλάκα τύπου T αντιστηρίζει το φλοιό και παρεμποδίζει την παρεκτόπιση κατά τον επιμήκη άξονα (Mueller και συν. 1979)

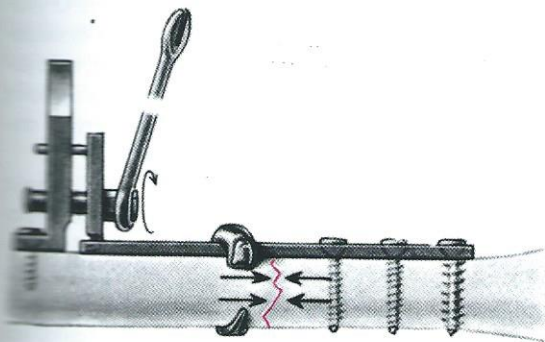
Μερικά οστά, όπως το μηριαίο, φορτίζονται έκκεντρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο ένας φλοιός να φορτίζεται σε συμπίεση και ο άλλος σε ελκυσμό (Mueller και συν. 1979; Schatzker και συν. 1980). Εάν η πλάκα τοποθετηθεί στην πλευρά ελκυσμού και τοποθετηθεί με τέτοια τάση, ώστε να

συμπίεσεί ο φλοιός κάτω από την πλάκα, τότε η πλάκα αυτή όχι μόνο παρέχει σταθερότητα λόγω της αξονικής συμπίεσης που προκαλεί, αλλά επίσης έχει την ικανότητα, εξαιτίας της θέσης της, να αυξήσει το μέγεθος της αξονικής συμπίεσης, επειδή με τη φόρτιση δημιουργούνται δυνάμεις συμπίεσης. Τέτοια πλάκα καλείται πλάκα με δράση ταινίας ελκυσμού (εικ.1.15).

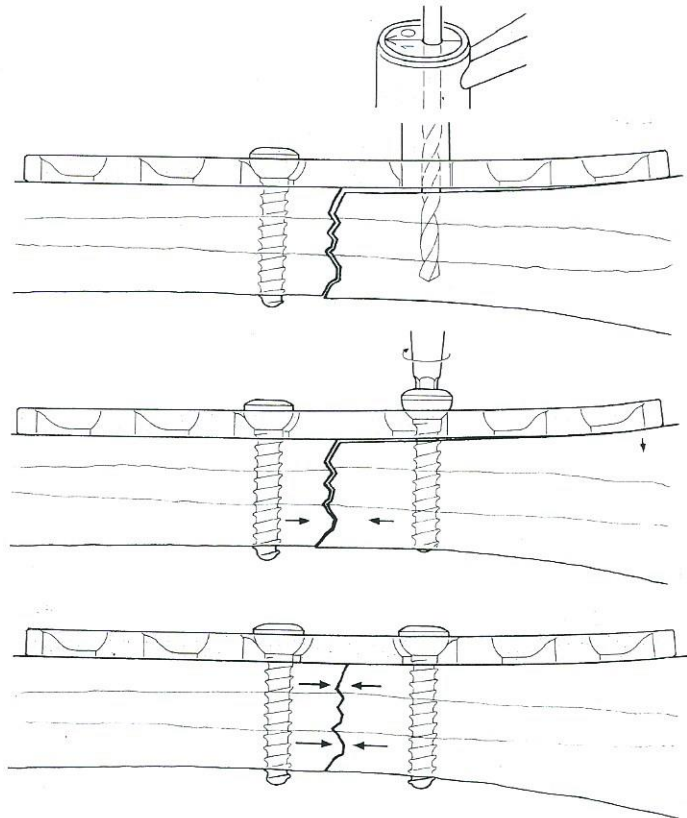
## 1.6 Μέθοδοι Σχετικής Σταθερότητας ή Ναρθηκοποίησης

### 1.6.1 Εξωτερική Σκελετική Οστεοσύνθεση

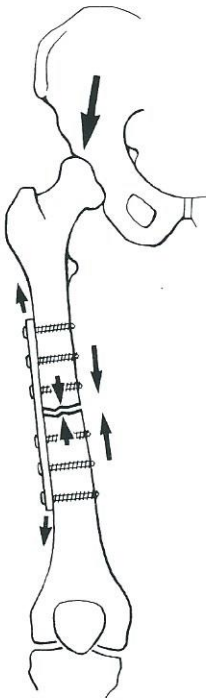
Όπως διαφαίνεται από τα κλασικά πειράματα του Key (1932) και του Charnley (1953), είναι δυνατό να εφαρμοστεί αξονική συμπίεση με τοποθέτηση βελονών, οι οποίες διαπερνούν το οστό και στη συνέχεια συμπλησιάζονται. Αυτός ο τύπος οστεοσύνθεσης είναι σταθερός μόνο για ένα βραχύ τμήμα του οστού και μόνο όταν συμπιέζονται ευρείες, επίπεδες, σπογγώδεις επιφάνειες. Όταν εφαρμόζεται τέτοιας μορφής οστεοσύνθεση σε σωληνοειδή οστά αυτή είναι σχετικά ασταθής. Αν και η εξωτερική οστεοσύνθεση, είτε σαν πλήρες πλαίσιο είτε σαν ημιπλαίσιο, δεν είναι απόλυτα σταθερή είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε ορισμένες κλινικές περιπτώσεις, όπως στην αντιμετώπιση των ανοικτών καταγμάτων, στα οποία δεν είναι κατάλληλη η πραγματοποίηση εσωτερικής οστεοσύνθεσης ή και στην αντιμετώπιση επιμολυσμένων καταγμάτων ή επιμολυσμένων ψευδαρθρώσεων ή στην αντιμετώπιση κλειστών καταγμάτων των άκρων ενός οστού, όπως του περιφερει-



Εικ. 1.14. α. Καθώς σφίγγεται η συσκευή ελκυσμού, η πλάκα φέρεται σε τάση και το οστό σε συμπίεση (Mueller και συν. 1979). β. Η πλάκα δυναμικής συμπίεσης. Καθώς σφίγγεται ο κοχλίας φόρτισης, μετακινείται από την έκκεντρη θέση που στο κέντρο της οπής της πλάκας. Αυτή η μετακίνηση του κοχλίου και του οστού προς το κάταγμα έχει σαν αποτέλεσμα την αξονική συμπίεση (Allgoewer και συν. 1973)







**Εικ. 1.15.** Η πλάκα με δράση ταινίας ελκυσμού. Σε ένα έκκεντρα φορτιζόμενο οστό, η πλάκα συμπίεσης όχι μόνο εξασφαλίζει ένα βαθμό συμπίεσης σε ηρεμία, αλλά επίσης φορτίζεται το οστό, η δύναμη λυγίσματος που δημιουργείται με αυτό τον τρόπο μετατρέπεται από τη δράση της πλάκας σε επιπλέον συμπίεστικές δυνάμεις. Τέτοια πλάκα καλείται "πλάκα με δράση ταινίας ελκυσμού" και η δύναμη που δημιουργείται "δυναμική συμπίεση". Η ουσία της δυναμικής συμπίεσης είναι ότι, αν και η δύναμη συμπίεσης κυμαίνεται σε μέγεθος ποτέ δεν αντιστρέφει τη διεύθυνσή της

κού άκρου της κερκίδας ή όταν κάποιος επιθυμεί να καθυστερήσει την ανακατασκευή της μετάφυσης λόγω της σοβαρότητας του κλειστού τραυματισμού των μαλακών ιστών. Κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις η εξωτερική οστεοσύνθεση προσφέρει αρκετή σταθερότητα για να επιτραπεί η λειτουργική χρήση του άκρου, διατηρώντας τα οστά σε θέση ανάταξης. Η σταθερότητα είναι επαρκεί σε πρόσφατα κατάγματα, για να μειωθεί το άλγος και να ενθαρρυνθεί η αποκατάσταση των μαλακών ιστών. Επειδή η εξωτερική σκελετική οστεοσύνθεση δεν εξασφαλίζει πλήρη σταθερότητα, συμπεριφέρεται σαν την ασταθή εσωτερική οστεοσύνθεση, όσον αφορά την καθυστέρηση ή την αδυναμία ευόδωσης της οστικής πώρωσης. Έτσι, όταν χρησιμοποιείται σαν η οριστική μέθοδος σταθεροποίησης των ανοικτών καταγμάτων της διάφυσης, πρέπει σχεδόν πάντοτε να συνοδεύεται από μεταμόσχευση οστού.

### 1.6.2 Ενδομυελική Ήλωση

Για να γίνει αντιληπτό πως ένας ήλος varθηκοποιεί ένα κάταγμα και παρέχει σταθερότητα θα πρέπει να σκεφτούμε ένα σωλήνα μέσα σε έναν άλλο σωλήνα. Η αντίσταση του ήλου σε λυγισμό εξαρτάται από το μήκος επαφής με το οστό και η στροφική του σταθερότητα από την τριβή και την αλληλοεμπλοκή των κατεαγώτων τμημάτων. Ο ενδομυελικός γλυφανισμός χρησιμοποιείται συχνά με σκοπό να αυξηθεί η επιφάνεια επαφής. Με τον τρόπο αυτό διευρύνεται αρκετά ο μυελικός σωλήνας, ώστε να επιτρέψει την είσοδο ενός ήλου, ο οποίος όχι μόνο θα είναι αρκετά ευρύς για να προσδώσει σταθερότητα, αλλά και αρκετά ισχυρός ώστε να αναλάβει τη λειτουργία του οστού. Οι παλαιότεροι, μικροί ήλοι προσαρμόζονταν στο μέγεθος του μυελικού σωλήνα και συχνά περιορίζονταν από τη διάμετρο του ισθμού, ο οποίος σε νεαρά άτομα είναι συχνά στενός. Σαν αποτέλεσμα αυτού του γεγονό-

τος σπάνια ήταν αρκετά ισχυροί, ενώ συνήθως ήταν πολύ εύκαμπτοι. Η χρήση τους δημιουργούσε επιπλοκές όπως είναι η μετανάστευση του ήλου, ο λυγισμός του, η θραύση του, η καθυστερημένη πώρωση και η ψευδάρθρωση.

Η βιολογική έκφραση των ασταθών καταγμάτων είναι η δημιουργία εξωτερικού πόρου. Η αστάθεια που σχετίζεται με την ενδομυελική ήλωση αντανakλάται από το μέγεθος του πόρου που παράγεται. Ένας μεγάλος ενδομυελικός ήλος μπορεί, όταν ενσφηνωθεί σφικτά, να προσδώσει αρκετή σταθερότητα, η οποία θα οδηγήσει σε πρωτογενή οστική πώρωση, χωρίς διακριτό χώρο. Πιο συχνά όμως δημιουργείται ποικίλου μεγέθους περιεστικός πώρος.

Σαν τρόπος οστεοσύνθεσης φορτιζόμενων, από το βάρος του σώματος, άκρων, η ενδομυελική ήλωση έχει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Επειδή ο ήλος είναι συσκευή που συμμετέχει στη μεταφορά των φορτίων και είναι πολύ ισχυρότερος από τις πλάκες, η φόρτιση μπορεί να αρχίσει πολύ νωρίτερα μετά από την ενδομυελική ήλωση, παρά μετά από κάθε άλλη μέθοδο οστεοσύνθεσης.

Ένας ενδομυελικός ήλος, εξαιτίας της μεθόδου τοποθέτησής του και του τρόπου με τον οποίο προσδίδει σταθερότητα, είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τα κατάγματα του μέσου τριτημορίου του μηριαίου και της κνήμης. Τα κεντρικά και τα περιφερικά άκρα των σωληνοειδών οστών διευρύνονται σημαντικά και σχηματίζουν ευρείες περιοχές με σπογγώδες οστό. Σε αυτές τις περιοχές ο ήλος δεν προσδίδει ούτε γωνιώδη ούτε στροφική σταθερότητα. Η αξονική σταθερότητα ενός οστού που έχει υποστεί ενδομυελική ήλωση εξαρτάται από τη σταθερότητα του φλοιού και από την ικανότητά του να ανθίσταται σε αξονική φόρτιση. Έτσι, ορισμένοι τύποι καταγμάτων δεν είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για ενδομυελική ήλωση. Αυτοί είναι: τα μακρά, λοξά, τα μακρά, σπειροειδή κατάγματα και τα συντριπτικά κατάγματα, στα οποία η επαφή του φλοιού είναι μικρότερη από το 50% της διαμέτρου του οστού σε αυτό το επίπεδο.

Ο ενδομυελικός ήλος έχει ιδιαίτερα μηχανικά και βιολογικά πλεονεκτήματα. Εξαιτίας του σχεδιασμού του και του τρόπου εφαρμογής του είναι πολύ ισχυρότερος από μια πλάκα. Κατά συνέπεια, θα αντέξει τη φόρτιση, πριν να κοπωθεί, για πολύ μεγαλύτερη χρονική περίοδο απ' ό,τι μια πλάκα. Ο γλυφανισμός σε συνδυασμό με την κλειστή, χωρίς να διαταραχθούν οι μαλακοί ιστοί που περιβάλλουν το κάταγμα, εισαγωγή του ήλου συνοδεύεται από πολύ πιο ταχεία και άφθονη δημιουργία πώρου. Συνεπώς, ο ήλος είναι μια ιδανική συσκευή για τα αυλοειδή οστά.

Οι περιορισμοί, οι οποίοι τίθενται στους συμβατικούς ήλους, ανάλογα με την εντόπιση και τον τύπο του κατάγματος, οδήγησαν στην ανάπτυξη των κλειδούμενων ενδομυελικών ήλων (Kempf και συν. 1985). Η πρώτη γενιά κλειδούμενων ενδομυελικών ήλων διέυρυνε σημαντικά τις ενδείξεις της ενδομυελικής ήλωσης σε κατάγματα του περιφερικού και του κεντρικού τμήματος της διάφυσης του μηριαίου και της κνήμης. Ορισμένα κατάγματα του κεντρικού άκρου του μηριαίου, όπως τα υποτροχαντήρια κατάγματα με συμμετοχή του ελάσσονα τροχαντήρα ή τα κατάγματα που συνοδεύονται και από διατροχαντήρια κατάγματα δεν ήταν δυνατό να σταθεροποιηθούν με ήλους πρώτης γενιάς. Αυτό έδωσε αφορμή για την ανάπτυξη των ήλων δεύτερης γενιάς όπως είναι ο ήλος ανακατασκευής (reconstruction nail, Smith Nephew Richards, Memphis, TN, USA) ή ο βραχύς και ο μακρύς ήλος τύπου Gamma (Howmedica).



Για πολλά χρόνια ο ενδομυελικός γλυφανισμός αποτελούσε ένα ουσιαστικό στοιχείο των σύγχρονων τεχνικών ενδομυελικής ήλωσης, επειδή όχι μόνο βελτιώνει τη σταθερότητα της οστεοσύνθεσης αλλά κυρίως γιατί οι χειρουργοί ήταν σε θέση να τοποθετήσουν μεγαλύτερους ήλους, αποφεύγοντας τις επιπλοκές του λυγισμού και της θραύσης του ήλου. Ένας αριθμός μελετών (Rhineland 1973; Perren 1991; Waelchli-Suter 1980) απέδειξαν ότι ο γλυφανισμός δημιουργεί μια σημαντικού βαθμού καταστροφή της ενδοστικής αιμάτωσης του οστού. Η επιθυμία να χρησιμοποιηθούν οι ενδομυελικοί ήλοι για την οστεοσύνθεση των ανοικτών κατάγμάτων και η αναγνώριση του γεγονότος ότι το νεκρό οστό θα οδηγούσε σε φλεγμονή, οδήγησαν στη δημιουργία ήλων που τοποθετούνται χωρίς γλυφανισμό. Οι μεταλλουργικές και οι τεχνικές εξελίξεις ξεπέρασαν πολλά από τα αρχικά προβλήματα του λυγισμού και της θραύσης των ήλων μικρής διαμέτρου. Πρόσφατες πειραματικές ενδείξεις ότι οι κοίλοι ήλοι ενισχύουν την εμφάνιση φλεγμονής οδήγησε στη δημιουργία συμπαγών ήλων χωρίς γλυφανισμό για το μηριαίο και την κνήμη (Synthes USA, Paoli, PA, USA). Ο συμπαγής ήλος χωρίς γλυφανισμό για το μηριαίο (Synthes) είναι δεύτερης γενιάς εμφύτευμα, το οποίο ενσωματώνει έναν αριθμό λεπτών γραμμών για την τοποθέτηση των κεντρικών κοχλιών.

### 1.6.3 Πλάκες Γεφύρωσης

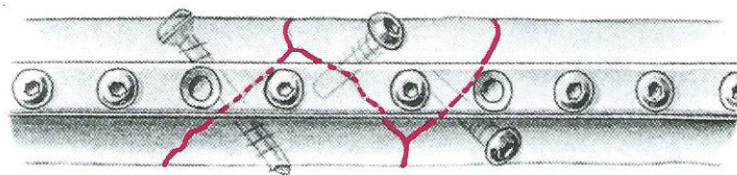
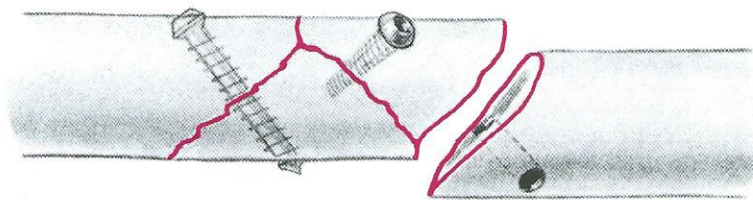
Μόλις επιτευχθεί η ανάταξη ενός κατάγματος αυτό πρέπει να ακινητοποιηθεί. Η πρώτη προσέγγιση της σχολής της AO/ASIF στην αντιμετώπιση ενός πολυτμηματικού κατάγματος ήταν να εξασφαλιζόταν η σταθερή οστεοσύνθεση για καθένα από τα οστικά τμήματα (εικ. 1.16) και με αυτό τον τρόπο να μετατρέπονται τα πολλά οστικά τεμάχια σε ένα ισχυρό μπλοκ οστού. Η έμφαση δίνονταν στην απόλυτη σταθερότητα και ο αντικειμενικός σκοπός της εσωτερικής οστεοσύνθεσης ήταν η πρωτογενής πώρωση του οστού. Επειδή τα πολυτμηματικά κατάγματα πωρωνόντουσαν πολύ αργά, ήταν υποχρεωτική η πραγματοποίηση μεταμόσχευσης οστού για να προλαμβάνεται η αποτυχία της οστεοσύνθεσης, που θα είχε σαν επακόλουθο την πώρωση σε πλημμελή θέση ή την ψευδοarthrosis. Η εμπειρία με την κλειστή, κλειδούμενη ενδομυελική ήλωση υπέδειξε κατηγορηματικά ότι, αφήνοντας τα οστικά τεμάχια στη θέση τους αυτά διατηρούν την αιμάτωση

τους και με αυτό τον τρόπο επιταχύνεται σημαντικά η πώρωσή τους.

Η εξωμυελική ναρθηκοποίηση δοκιμάστηκε με τη χρήση πλακών (Heitemeyer και Hierholzer 1985). Σε αυτή την τεχνική τοποθέτησης πλάκας, το κάταγμα πρώτα ανατάσσεται με έμμεση ανάταξη. Στη συνέχεια η καταγματική ζώνη γεφυρώνεται με μια πλάκα, η οποία σταθεροποιείται στο κεντρικό ή στο περιφερικό κύριο οστικό τεμάχιο. Με αυτό τον τρόπο διατηρείται το μήκος, η στροφή και η αξονική ευθυγράμμιση, αλλά η ανάταξη δεν είναι ανατομική. Η πλάκα, η οποία χρησιμοποιείται σε αυτό τον τύπο εσωτερικής οστεοσύνθεσης αναφέρεται σαν πλάκα γεφυροποίησης. Είναι μια μορφή ναρθηκοποίησης. Δεν είναι μέθοδος επίτευξης απόλυτα σταθερής οστεοσύνθεσης και η πώρωση επιτυγχάνεται με τη δημιουργία πώρου. Η πλάκα γεφυροποίησης ενδείκνυται μόνο για την οστεοσύνθεση πολυτμηματικών καταγμάτων. Αν κάποιος επιλέξει να τοποθετήσει πλάκα σε ένα εγκάρσιο ή σε ένα λοξό κάταγμα, τότε πρέπει να επιτευχθεί απόλυτη σταθερότητα με τη μέθοδο της διακαταγματικής συμπίεσης, αλλιώς η υπερβολική καταπόνηση της πλάκας στην εστία του κατάγματος θα οδηγήσει, κατά πάσα πιθανότητα, σε αστοχία του υλικού.

Στην σταθερή οστεοσύνθεση ενός πολυτμηματικού κατάγματος, η πώρωση εξαρτάται από την επαναγγείωση των νεκρωμένων οστικών τεμαχίων. Σαν αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας η πώρωση είναι αργή και η αποφυγή μεταμόσχευσης οστικού μοσχεύματος είναι η πιο συχνή αιτία αποτυχίας της σταθερής οστεοσύνθεσης. Η μεταμόσχευση οστού απαιτείται για να δημιουργήσει μια βιολογική γέφυρα απέναντι από την πλάκα και με αυτό τον τρόπο να προστατεύσει την εσωτερική οστεοσύνθεση. Σε οστεοσύνθεση με πλάκα γεφυροποίησης η πώρωση είναι ταχεία και πραγματοποιείται με τη δημιουργία πώρου. Οι τεχνικές έμμεσης ανάταξης και τοποθέτησης πλάκας γεφυροποίησης έχουν κάνει περιττή την τοποθέτηση οστικού μοσχεύματος σε συντριπτικά κατάγματα της διάφυσης και της μετάφυσης. Η μεταμόσχευση οστού χρησιμοποιείται πλέον για ελλείμματα των μεταφύσεων στα ενδοθρικά κατάγματα, καθώς και σε ανοικτά κατάγματα.

Δεν αντιμετωπίζονται όλα τα κατάγματα των μακρών οστών με αυτές τις τεχνικές. Η ανατομική ανάταξη των διαφύσεων του μηριαίου, της κνήμης και του βραχιόνιου δεν είναι αναγκαία. Εφόσον αποκατασταθεί το μήκος, η στροφή και η αξονική ευθυγράμμιση δεν παρεμποδίζεται η λειτουργικότητα του άκρου.



Εικ. 1.16. Εγχειρίδιο εσωτερικής οστεοσύνθεσης, 1η έκδοση, 1969, σελ. 56, εικ. 49 γ και δ. Με αυτή τη μέθοδο εσωτερικής οστεοσύνθεσης κάθε οστικό τεμάχιο σταθεροποιείται σταθερά με διακαταγματικούς κοχλίες, μετατρέποντας τα πολλαπλά οστικά τεμάχια σε ένα συμπαγές οστικό μπλοκ. Η αναγκαία απογύμνωση του οστού στερεώνει τα οστικά τεμάχια από την άρδευσή τους.