

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 55, No 1 (2004)



The use of orthopaedic wire for fracture fixation in companion animals

N. N. PRASSINOS (N.N. ΠΡΑΣΙΝΟΣ)

doi: [10.12681/jhvms.15155](https://doi.org/10.12681/jhvms.15155)

To cite this article:

PRASSINOS (N.N. ΠΡΑΣΙΝΟΣ) N. N. (2017). The use of orthopaedic wire for fracture fixation in companion animals. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 55(1), 63–74. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15155>

Το μεταλλικό ράμμα στην ορθοπαιδική των ζώων συντροφιάς

N.N. Πράσινος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Το μεταλλικό ράμμα χρησιμοποιείται ευρέως στην ορθοπαιδική των ζώων συντροφιάς, κυρίως ως επικουρική και μόνο σπάνια ως κύρια μέθοδος οστεοσύνθεσης. Η κατανόηση των αρχών εφαρμογής του και η προσήλωση σε αυτές αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιτυχή έκβαση της οστεοσύνθεσης. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι τύποι του είναι το κλασικό μεταλλικό ράμμα, τα άκρα του οποίου είναι ευθεία, και το σχεδιασμένο από την AO/ASIF μεταλλικό ράμμα, του οποίου το ένα άκρο είναι ευθύ και το άλλο φέρει βρόχο. Ανεξάρτητα από τον τύπο του, το ράμμα θα πρέπει να τετρωθεί και να ασφαλιστεί σε τάση με τη δημιουργία του κατάλληλου κόμπου. Για το τέντωμα και την ασφάλισή του πρώτου, τα άκρα του περιστρέφονται ομοίμορφα το ένα γύρω από το άλλο. Ο βαθμός της τάσης του ράμματος που επιτυγχάνεται με τη σύσφιξη, μειώνεται κατά την κοπή και κυρίως κατά την κάμψη του κόμπου. Στο δεύτερο τύπο, το ευθύ άκρο του περνάει μέσα από το βρόχο και με τη βοήθεια ειδικού σφιγκτήρα τετώνεται και κάμπτεται. Οι κυριότερες τεχνικές εφαρμογής του είναι το δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα, η ταινία εφελκυσμού και τα διακαταγματικά μεταλλικά ράμματα. Το δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα περιβάλλει πλήρως την περιφέρεια του οστού και βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε κατάγματα της διάφυσης των μακρών οστών και συγκεκριμένα σε μακρά λοξά ή σπειροειδή, συντριπτικά και επιμήκη ρωγμώδη κατάγματα, συνήθως σε συνδυασμό με ενδομυελική ήλωση. Το μεταλλικό ράμμα ως ταινία εφελκυσμού χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση αποσπαστικών καταγμάτων και ορισμένων οστεοτομών. Το κάταγμα συγκρατείται με δύο λεπτούς ήλους Steinmann. Αυτοί περιβάλλονται από μεταλλικό ράμμα, το οποίο διέρχεται μέσα από αγωγό που έχει διανοιχτεί στο φλοιό του οστού και έχει τοποθετηθεί σε σχήμα οκτώ. Τέλος, τα διακαταγματικά μεταλλικά ράμματα τοποθετούνται διαμέσου οπών ή αγωγών του φλοιού του οστού, που έχουν διανοιχτεί στην εστία του κατάγματος και περιβάλλουν μερικώς την περιφέρεια του οστού. Η χρήση τους ενδείκνυται σε βραχέα λοξά ή σπειροειδή και σε εγκάρσια κατάγματα της διάφυσης των μακρών οστών, συνήθως σε συνδυασμό με ενδομυελική ήλωση. Επίσης, χρησιμοποιούνται συχνά ως μέθοδος οστεοσύνθεσης των πλατιών οστών. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται συχνότερα είναι το ημιδακτυλιοειδές και το χιαζόμενο ή σχήματος οκτώ μεταλλικό ράμμα.

Λέξεις ευρετηρίασης: Μεταλλικό ράμμα, ορθοπαιδική, σκύλος, γάτα

The use of orthopaedic wire for fracture fixation in companion animals

Prassinos N.N.

ABSTRACT. Orthopaedic wire is widely used in companion animal fracture repair. It is mainly applied as an auxiliary fixation method, in combination with other orthopaedic implants, and rarely as the sole method of fixation. The most frequently used types of orthopaedic wire are those with both ends straight, and the AO/ASIF wire, which has an "eye" twisted into one end of it, whereas the other end is straight. The wire should be applied tightly and secured into place, either by a twist knot or by the use of a locking loop, respectively. Three types of wiring can be seen: full-cerclage wire, tension band wire and interfragmentary wires (cruciate or hemi-cerclage). The understanding of the proper principles of orthopaedic wire application and of the limitations of its use with fracture management is crucial. When applied properly and in the correct circumstances, orthopaedic wire is an effective mean of fracture fixation.

Key words: Orthopaedic wire, dog, cat

Επίκουρος Καθηγητής, Χειρουργική Κλινική, Τμήμα Κτηνιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τριγάλων 224, τ.θ. 199, 431 00 Καρδίτσα

Ημερομηνία υποβολής: 11.12.2003
Ημερομηνία εγκρίσεως: 09.02.2004

DVM, PhD, Assistant Professor, Clinic of Surgery, Veterinary School, University of Thessaly, Triakalon 224, P.O. Box 199, GR-431 00 Karditsa

Submission date: 11.12.2003
Approval date: 09.02.2004

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

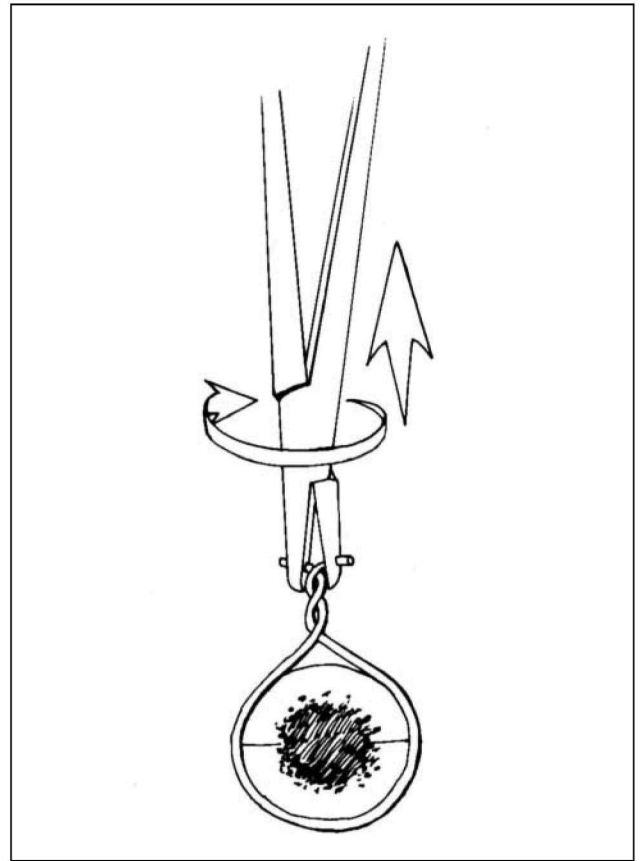
Το μεταλλικό ράμμα (ορθοπαιδικό σύρμα) χρησιμοποιείται ευρέως στην ορθοπαιδική των ζώων συντροφιάς, λόγω των καλών αποτελεσμάτων από τη χρήση του, των πολλών τεχνικών εφαρμογής του, της εύκολης τοποθέτησής του και του μικρού κόστους του. Αν και στις περισσότερες οστεοσυνθέσεις η χρήση του είναι επικουρική, η κατανόηση των αρχών εφαρμογής του και η προσήλωση σε αυτές αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιτυχή έκβασή τους (Pardo 1993, Willer 1998).

ΥΛΙΚΑ

Το μεταλλικό ράμμα, όπως και τα περισσότερα υλικά οστεοσύνθεσης που χρησιμοποιούνται στην κτηνιατρική ορθοπαιδική, είναι κατασκευασμένο από το 316L ανοξείδωτο ασάλι, το οποίο είναι κράμα διάφορων μετάλλων. Είναι μονόκλωνο και εξαιτίας του τρόπου κατασκευής του είναι πιο μαλακό και εύκαμπτο από τους ήλους της ίδιας διαμέτρου. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι τύποι μεταλλικού ράμματος είναι δύο. Το κλασικό μεταλλικό ράμμα, τα άκρα του οποίου είναι ευθεία, και το σχεδιασμένο από την AO/ASIF* μεταλλικό ράμμα, του οποίου το ένα άκρο είναι ευθύ και το άλλο φέρει προσηματισμένο βρόχο. Το πρώτο κυκλοφορεί συνήθως σε καρούλι των 10 m και το δεύτερο σε τεμάχια των 30 cm (Olmstead και Egger 1995, Brinker et al. 1998, Denny και Butterworth 2000).

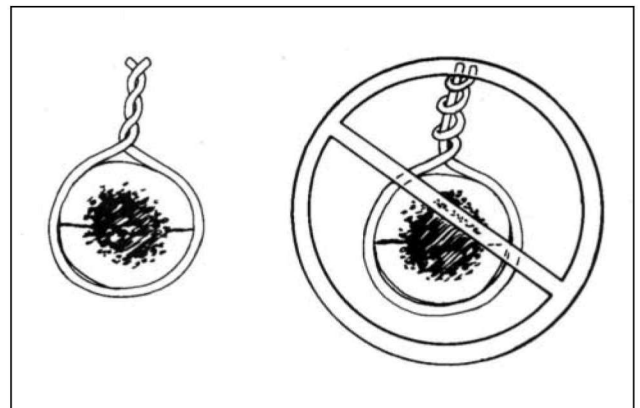
Ανεξάρτητα από την τεχνική εφαρμογής του μεταλλικού ράμματος στο οστό, αυτό πρέπει να τεντωθεί και να ασφαλιστεί υπό τάση με τη δημιουργία του κατάλληλου κόμπου, ώστε να εξασφαλιστεί η σταθερή συγκράτηση του κατάγματος και να αποφευχθεί η χαλάρωσή του καθόλη τη διάρκεια της μετεγχειρητικής περιόδου (Pardo 1993). Για κάθε τύπο μεταλλικού ράμματος, το τέντωμα και η ασφάλισή του επιτυγχάνεται με διαφορετικό τρόπο με τη βοήθεια κατάλληλων εργαλείων (Willer 1998, Denny και Butterworth 2000).

Αφού το κλασικό μεταλλικό ράμμα τοποθετηθεί στο οστό, τα άκρα του συλλαμβάνονται με πένσα ή ειδική λαβίδα σύσφιξης και περιστρέφονται το ένα γύρω από το άλλο (Nunamaker 1985, Miller 1998). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ταυτόχρονα το τέντωμα και η ασφάλιση του ράμματος. Κατά τη διάρκεια της σύσφιξης, το εργαλείο έλκεται ώστε να ασκείται τάση στο ράμμα (Olmstead και Egger 1995) (Εικόνα 1). Είναι σημαντικό, η τάση αυτή να κατανέμεται ομοιόμορφα σε κάθε άκρο του ράμματος, ώστε καθένα από αυτά να περιστρέφεται γύρω από το άλλο, αλλιώς το ένα άκρο θα παραμείνει ευθύ και το άλλο θα τυλιχθεί γύρω του (Nunamaker 1985, Olmstead και Egger 1995, Denny και Butterworth 2000) (Εικόνα 2). Η ανομοιογενής περιστροφή προκαλεί τη θραύση του ράμματος πριν ολοκληρωθεί η σύσφιξη του ή τη δημιουργία ενός ολισθαίνοντα κόμπου, ο οποίος είναι πολύ πιθανό να χαλα-



Εικόνα 1. Ο τρόπος σύσφιξης του κλασικού μεταλλικού ράμματος (Από Olmstead and Egger 1995).

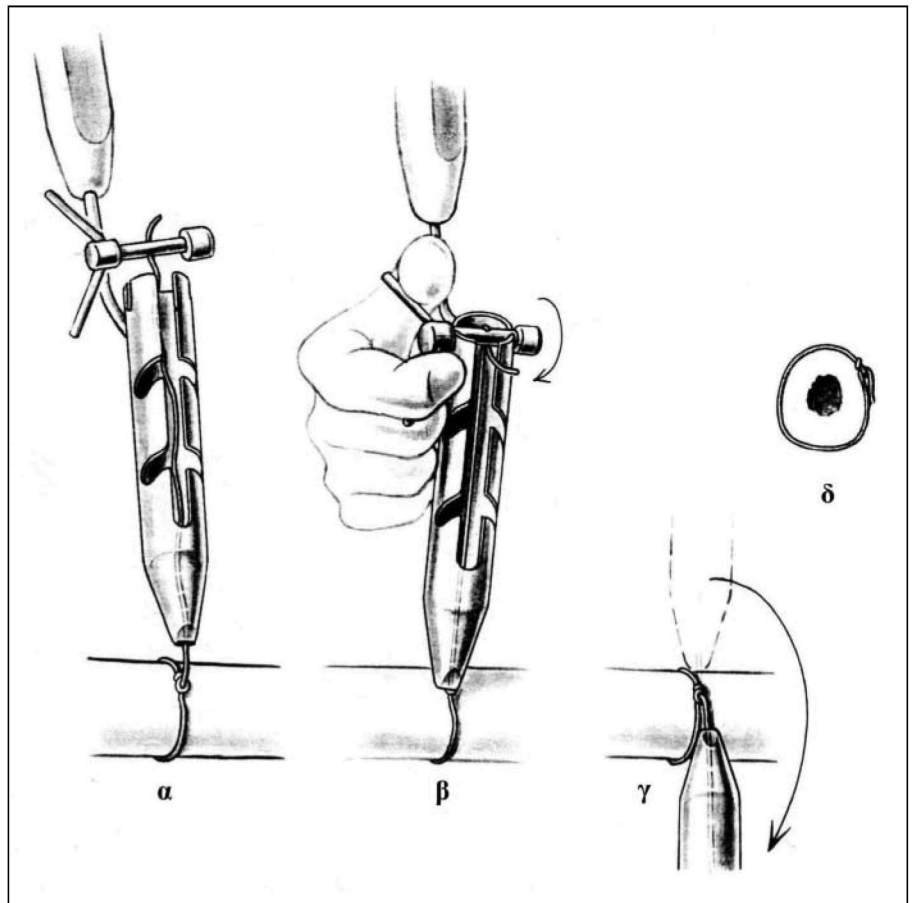
Figure 1. The wire strands are twisted together by rotating the wire tightener, while applying tension away from the bone on the wire and the tightener (From Olmstead and Egger 1995).



Εικόνα 2. Καθένα από τα άκρα του κλασικού μεταλλικού ράμματος πρέπει να περιστρέφεται ομοιόμορφα γύρω από το άλλο (Από Olmstead and Egger 1995).

Figure 2. The applied tension must be even in each side of the wire being twisted for the strands to properly interlock. When uneven tension is applied, one strand of the wire remains straight, while the other strand is wrapped around it (From Olmstead and Egger 1995).

* Association for the Study of Osteosynthesis / Association for the Study of Internal Fixation



Εικόνα 3. Ο τρόπος σύσφιξης και ασφάλισης του AO/ASIF μεταλλικού ράμματος (Από Brinker et al. 1990).

Figure 3. Application of AO/ASIF wire loop (From Brinker et al. 1990).

ρώσει μετεγχειρητικά (Gambardella 1980, Denny και Butterworth 2000). Ένα τέτοιο ράμμα θα πρέπει να αντικαθίσταται άμεσα (Nunamaker 1985). Μόλις το μεταλλικό ράμμα τεντωθεί επαρκώς, η έλξη από το εργαλείο παύει να ασκείται (Olmstead και Egger 1995) και το ράμμα κόβεται διατηρώντας ένα κόμπο 4-6 περιστροφών, ο οποίος κάμπτεται ώστε να έρθει σε επαφή με το οστό. Ο βαθμός της τάσης του ράμματος που επιτυγχάνεται με τη σύσφιξη μειώνεται κατά την κοπή και κυρίως κατά την κάμψη του κόμπου (Pardo 1993). Για τη μείωση των απωλειών της τάσης, π.χ. στις περιπτώσεις που απαιτείται μεγάλου βαθμού διακαταγματική συμπίεση (Nunamaker 1985), προτείνεται ο κόμπος να μην κάμπτεται και να κόβεται κοντά στην τρίτη περιστροφή του (Pardo 1993, Fossum 2002). Σύντομα, ενώδης ιστός περιβάλλει τον κόμπο και προστατεύει τους υπερκείμενους μαλακούς ιστούς από μακροχρόνιο ερεθισμό (Gambardella 1980, Fossum 2002). Όμως, στις περιπτώσεις που ο κόμπος έρχεται σε επαφή με σημαντικά νευροαγγειακά στοιχεία ή με το δέγμα, λόγω ανεπαρκούς παρουσίας υπερκείμενων μαλακών ιστών, απαιτείται η προστασία τους από τα αιχμηρά άκρα του ράμματος. Αυτή εξασφαλίζεται όταν κατά τη διενέργεια της τελευταίας περιστροφής του κόμπου, ο καρπός του χειρουργού αφήνεται να κινηθεί προς την κατεύθυνση της φοράς του, φέρνοντας τον κόμπο σε επαφή με το οστό. Ακολούθως, το ράμμα κόβεται διατηρώντας ένα κόμπο 4-6 περιστροφών

(Olmstead και Egger 1995). Με τον τρόπο αυτό, η τάση του ράμματος διατηρείται σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με την περίπτωση που η κάμψη του κόμπου γίνεται ανεξάρτητα, μετά το τέλος της σύσφιξης (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995). Μια άλλη τεχνική, που επίσης εξασφαλίζει την προστασία των υπερκείμενων μαλακών ιστών από τα αιχμηρά άκρα του κόμπου, συνίσταται στη διατήρηση του κόμπου σχετικά μακρύ και στην κάμψη του περιφερικού τμήματός του πάνω στο κεντρικό. Έτσι, αν και τελικά ο κόμπος παραμένει κάθετος προς το οστό, το άκρο του είναι αμβλύ, ενώ παράλληλα αποφεύγεται το αρνητικό αποτέλεσμα της κάμψης του πάνω στο οστό (Nunamaker 1985). Πάντως, εφόσον είναι δυνατό, η τοποθέτηση του μεταλλικού ράμματος πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε ο κόμπος του να βρίσκεται μακριά τόσο από ευπαθείς μαλακούς ιστούς όσο και από την πλευρά του οστού που θα τοποθετηθούν άλλα υλικά οστεοσύνθεσης, όπως π.χ. μια μεταλλική πλάκα (Willer 1998).

Αφού το AO/ASIF μεταλλικό ράμμα τοποθετηθεί στο οστό, το ευθύ άκρο του περνάει μέσα από το βρόχο που βρίσκεται στο άλλο άκρο του (Pardo 1993, Willer 1998) και με τη βοήθεια ειδικού σφιγκτήρα συλλαμβάνεται και έλκεται σταδιακά, μέχρι το ράμμα να τεντωθεί επαρκώς (Εικόνα 3α,β). Καθώς η τάση διατηρείται από το εργαλείο, το ράμμα κάμπτεται κατά 180° προς τα πίσω για να

ολοκληρωθεί η διαδικασία ασφάλισής του (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Willer 1998) (Εικόνα 3γ). Ακολούθως, ελευθερώνεται από το σφιγκτήρα και μετά από την απομάκρυνση του τελευταίου κόβεται σε απόσταση 5-8 mm από το βρόχο (Olmstead και Egger 1995, Willer 1998) (Εικόνα 3δ). Με την τεχνική αυτή η διαδικασία τεντώματος και ασφάλισης του μεταλλικού ράμματος διενεργείται σε δύο φάσεις και η τάση του ράμματος φαίνεται να διατηρείται και μετά την κοπή του (Nunamaker 1985, Pardo 1993).

Κλινικά και οι δύο τύποι μεταλλικού ράμματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς σε όλες τις τεχνικές εφαρμογής του (Pardo 1993, Willer 1998). Σημειώνεται ότι με το AO/ASIF μεταλλικό ράμμα επιτυγχάνεται μεγαλύτερου βαθμού διακαταγματική συμπίεση, ενώ ο κόμπος στο κλασικό μεταλλικό ράμμα είναι πιο ανθεκτικός στην ολίσθηση κάτω από μεγαλύτερη φόρτιση (Pardo 1993).

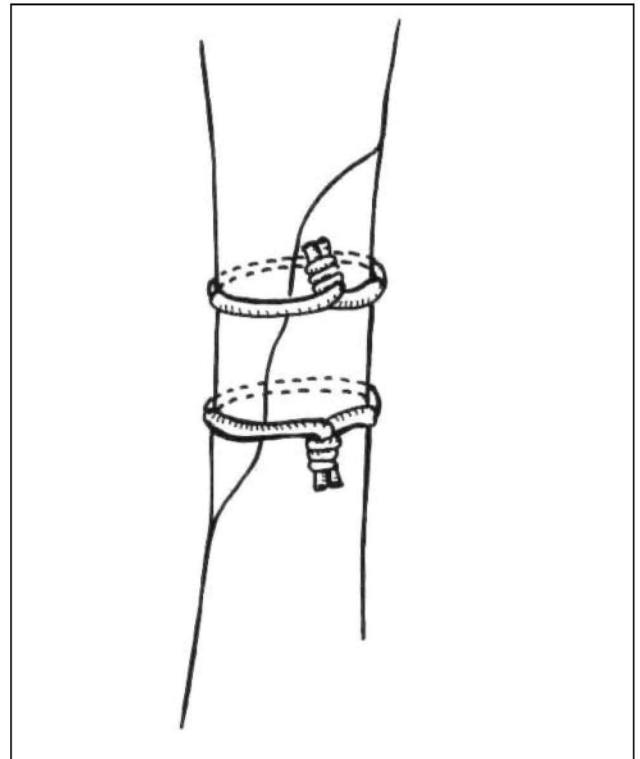
Το μέγεθος του μεταλλικού ράμματος πρέπει να είναι το κατάλληλο, προκειμένου να αντέξει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στην εστία του κατάγματος κατά τη διάρκεια της ίασης του (Egger και Whittick 1990, Pardo 1993, Denny και Butterworth 2000). Τα μεγέθη (διάμετροι) που χρησιμοποιούνται συχνότερα στην ορθοπαιδική των ζώων συντροφιάς είναι αυτά των 18 gauge (1,0 mm) για μεγαλύτερους σκύλους, 20 gauge (0,8 mm) για σκύλους μεσαίου σωματικού μεγέθους και 22 gauge (0,6 mm) για μικρόσωμους σκύλους και γάτες (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Piermattei και Flo 1997, Willer 1998, Fossum 2002). Σπάνια, σε γιγαντόσωμες φυλές σκύλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεταλλικό ράμμα μεγαλύτερης διαμέτρου (Willer 1998). Πάντως, το μεταλλικό ράμμα διαμέτρου μικρότερης από 0,6 mm συνήθως δεν είναι αρκετά ανθεκτικό και επέρχεται πρόωμη θραύση του (Pardo 1993, Willer 1998), ενώ το μεταλλικό ράμμα διαμέτρου μεγαλύτερης από 1 mm είναι δύσχρηστο (Pardo 1993).

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Για την αποτελεσματικότερη εξουδετέρωση των φορτίων που ασκούνται στο οστό, ανάλογα με τη φύση του κατάγματος, ο χειρουργός θα πρέπει να επιλέξει την κατάλληλότερη τεχνική εφαρμογής του μεταλλικού ράμματος (Pardo 1993, Willer 1998), το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως ως επικουρική και μόνο σπάνια ως κύρια μέθοδος οστεοσύνθεσης (Olmstead και Egger 1995). Για την επιτυχία της οστεοσύνθεσης απαιτείται η επιλογή των κατάλληλων περιστατικών και η τήρηση των αρχών εφαρμογής του μεταλλικού ράμματος (Nunamaker 1985, Pardo 1993). Οι τεχνικές εφαρμογής του μεταλλικού ράμματος που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι το δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα, το μεταλλικό ράμμα ως ταινία εφελκυσμού και τα διακαταγματικά μεταλλικά ράμματα.

Α. Δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα (full-cerclage wire)

Ο όρος αυτός περιγράφει την τοποθέτηση του μεταλλικού ράμματος γύρω από το οστό, ώστε να περιβάλλει πλήρως την περιφέρειά του (Piermattei και Flo 1997,



Εικόνα 4. Δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα σε κάταγμα της διάφυσης μακρού οστού (Από Denny και Butterworth 2000).

Figure 4. Full-cerclage wire in a long bone fracture (From Denny and Butterworth 2000).

Fossum 2002, Roe 2003) (Εικόνα 4). Το δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα είναι μια πολύ χρήσιμη τεχνική στην ορθοπαιδική των ζώων συντροφιάς, η οποία κατέχει την πρώτη θέση τόσο ως προς τη συχνότητα εφαρμογής της όσο και ως προς την πραγματοποίηση σφραγμάτων κατά την εφαρμογή της (Denny και Butterworth 2000, Fossum 2002).

Στο παρελθόν η τεχνική αυτή ενοχοποιήθηκε ότι προκαλεί καθυστέρηση ή αποτυχία της πώρωσης του κατάγματος, λόγω διαταραχής της αιμάτωσης του υποκείμενου οστού, η οποία επιφέρει νέκρωση του οστού και χαλάρωση του ράμματος. Η διαταραχή της αιμάτωσης αποδόθηκε στο στραγγαλισμό των αγγείων του τμήματος του φλοιού του οστού, το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ δύο δακτυλιοειδών μεταλλικών ραμμάτων (Newton και Hohn 1974, Vaughan 1975). Όμως, πιο πρόσφατες μελέτες, αντικρούοντας την άποψη αυτή, απέδωσαν τις αποτυχίες της τεχνικής στην κακή επιλογή των περιστατικών και στην εσφαλμένη εφαρμογή της (Withrow και Holmberg 1977, Gambardella 1980). Πράγματι, έχει αποδειχθεί ότι η πορεία των αγγείων στο φλοιό του οστού είναι κάθετη προς το επιμήκη άξονά του (Fossum 2002), ενώ η παράλληλη πορεία τους περιορίζεται μόνο σε μήκος 1-2 mm (Denny και Butterworth 2000), με αποτέλεσμα η αγγείωση του φλοιού να διατηρείται και κάτω από το δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα. Συνεπώς, όταν το δακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα χρησιμοποιείται σωστά, δεν επιδρά βλαπτικά

στο οστό, δεν επιβραδύνει την ίαση του κατάγματος και δεν επηρεάζει την ανάπτυξη του οστού στα νεαρά ζώα (Wilson 1987, Blass et al. 1991, Olmstead και Egger 1995).

Ενδείξεις. Η τεχνική αυτή προσαρμόζεται καλύτερα σε ομοιόμορφα κυλινδρικά μακρά οστά, όπως το βραχιόνιο, το μηριαίο και η κνήμη (Pardo 1993) και κυρίως σε κατάγματα της μεσότητας της διάφυσης τους, όπου η διάμετρος του οστού είναι πιο σταθερή (Nunamaker 1985). Το δακτυλοειδές μεταλλικό ράμμα βρίσκει εφαρμογή στις εξής περιπτώσεις:

(α) Λοξά και σπειροειδή κατάγματα της διάφυσης, των οποίων το μήκος της καταγματικής γραμμής είναι τουλάχιστον διπλάσιο της διαμέτρου του οστού (Aron 1990, Egger και Whittick 1990, Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Piermattei και Flo 1997, Willer 1998), ώστε να επιτρέψει την τοποθέτηση τουλάχιστον δύο μεταλλικών ραμμάτων (Pardo 1993, Willer 1998).

(β) Συντριπτικά κατάγματα της διάφυσης, των οποίων είναι εφικτή η ανατομική ανακατασκευή του οστού (Pardo 1993, Piermattei και Flo 1997, Miller 1998). Η τεχνική περιορίζεται σε κατάγματα με τρία ή το πολύ τέσσερα τεμάχια οστού, γιατί η σταθερή συγκράτηση περισσότερων τεμαχίων είναι δύσκολη (Denny και Butterworth 2000).

Στην οστεοσύνθεση των καταγμάτων των δύο παραπάνω κατηγοριών, το δακτυλοειδές μεταλλικό ράμμα, μετά την ανατομική ανάταξη του κατάγματος, συγκρατεί σταθερά τα τεμάχια του οστού στη θέση τους. Όμως, η αποκλειστική χρήση του αντενδείκνυται, γιατί η σταθεροποίηση που παρέχει συνήθως δεν είναι επαρκής για να εξουδετερώσει τα φορτία που ασκούνται στην εστία του κατάγματος (Nunamaker 1985, Piermattei και Flo 1997, Brinker et al. 1998, Miller 1998, Willer 1998). Αντίθετα, χρησιμοποιείται ως επικουρική μέθοδος οστεοσύνθεσης για να παράσχει επιπλέον σταθερότητα στα κατάγματα (Pardo 1993, Willer 1998, Fossum 2002). Συνγότερα συνδυάζεται με ενδομυελική ήλωση (Aron 1990, Nunamaker 1985, Miller 1998, Denny και Butterworth 2000) και σπανιότερα με εξωτερική οστεοσύνθεση, οστεοσύνθεση με μεταλλική πλάκα και κοχλίες ή συνδυασμούς τους (Piermattei και Flo 1997, Willer 1998). Το μεταλλικό ράμμα, εξουδετερώνοντας κάποια από τα φορτία που ασκούνται στην εστία του κατάγματος, διατηρεί το μήκος και τον άξονα του οστού και ταυτόχρονα παρέχει στατική διακαταγματική συμπίεση (Aron 1990, Egger και Whittick 1990, Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Miller 1998, Fossum 2002). Για παράδειγμα, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται επικουρικά της ενδομυελικής ήλωσης σε ένα λοξό κάταγμα, αποτρέπει τη στροφική κίνηση στην εστία του κατάγματος και την επίπτωση των καταγματικών άκρων, κάτι που ο ήλος δεν μπορεί να εξασφαλίσει (Denny και Butterworth 2000). Σε ορισμένες περιπτώσεις, το δακτυλοειδές μεταλλικό ράμμα χρησιμοποιείται μόνο για την προσωρινή διατήρηση τεμαχίων οστού στη θέση τους και μέχρι να εφαρμοστεί η κύρια μέθοδος οστεοσύνθεσης, όπως π.χ. μεταλλική πλάκα και κοχλίες (Piermattei

και Flo 1997, Brinker et al. 1998).

(γ) Επιμήκη ρωγμώδη κατάγματα της διάφυσης, τα οποία εντοπίζονται στο κύριο τεμάχιο του οστού που έχει υποστεί το κάταγμα, για να προληφθεί η μετατροπή τους σε πλήρη κατάγματα κατά τη διάρκεια της ανάταξης ή της εφαρμογής της κύριας μεθόδου οστεοσύνθεσης (Nunamaker 1985, Pardo 1993, Willer 1998).

(δ) Ενίσχυση μιας μεταλλικής πλάκας τοποθετημένης στη διάφυση οστού, με την εφαρμογή του γύρω και από αυτή

- είτε σε σημεία της, που κυρίως εντοπίζονται στην εστία του κατάγματος, στα οποία υπάρχουν κενές τρύπες δηλ. δεν τοποθετήθηκε κοχλίας, π.χ. λόγω της παρουσίας μιας επιμήκους ρωγμής

- είτε διερχόμενο μέσα από την εγκοπή της κεφαλής ενός κοχλίου, ο οποίος δε συγκρατείται ισχυρά στο οστό (π.χ. οστεοπόρωση, νεαρά ζώα) (Pardo 1993).

Τεχνική και αρχές εφαρμογής. Βασικές προϋποθέσεις για την επιτυχή χρησιμοποίηση του δακτυλοειδούς μεταλλικού ράμματος ως επικουρική μέθοδος οστεοσύνθεσης αποτελούν τόσο η προσκόλληση στις αρχές εφαρμογής του (Pardo 1993) όσο και η επαρκής ακινητοποίηση του κατάγματος με την κύρια μέθοδο οστεοσύνθεσης (Piermattei και Flo 1997).

Κατά κανόνα, η κύρια μέθοδος οστεοσύνθεσης εφαρμόζεται μετά την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των δακτυλοειδών μεταλλικών ραμμάτων στο οστό (Gambardella 1980, Pardo 1993, Willer 1998). Πρακτικά, όμως, η ανάταξη του οστού και η τοποθέτηση των ραμμάτων για τη σταθεροποίηση λοξών και σπειροειδών καταγμάτων μπορεί να γίνει τόσο πριν όσο και μετά την εισαγωγή του ενδομυελικού ήλου. Όμως, η πρακτική της τοποθέτησης πολλαπλών τεμαχίων οστού γύρω από έναν ενδομυελικό ήλο και ακολούθως η χρήση μεταλλικών ραμμάτων για να ακινητοποιηθούν δεν είναι ικανοποιητική. Η αντίληψη ότι η παρουσία του ήλου στο μυελικό αυλό δρα ως υπόβαθρο, παρέχοντας σταθερότητα στο κάταγμα και εμποδίζοντας τη μετακίνηση των ραμμάτων, τόσο κατά τη σύφιξη του όσο και μετεγχειρητικά, αποδεικνύεται εσφαλμένη στις περισσότερες περιπτώσεις (Egger και Whittick 1990). Συνεπώς, πριν την εφαρμογή των μεταλλικών ραμμάτων είναι απαραίτητη η ασφαλής ανατομική αποκατάσταση των τεμαχίων του οστού (Aron 1990, Willer 1998), ώστε στη συνέχεια να καταστεί δυνατή η σταθερή ακινητοποίησή τους με το ράμμα (Egger και Whittick 1990). Αν δεν επιτευχθεί, η φόρτιση του άκρου θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της ανάταξης, η οποία θα προκαλέσει τη χαλάρωση του ράμματος (Nunamaker 1985). Η παρουσία μη σταθερά ακινητοποιημένων τεμαχίων οστού κάτω από το ράμμα, διαταράσσει την αιμάτωση στην εστία του κατάγματος και επιφέρει καθυστέρηση ή αποτυχία της πώρωσης. Όταν το δακτυλοειδές μεταλλικό ράμμα χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μεταλλική πλάκα, η τελευταία μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από το ράμμα χωρίς να διαταραχθεί η σταθερότητα που παρέχει και η εξεργασία της

πώρωσης (Willer 1998).

Το κατάγμα, λοιπόν, ανατάσσεται και συγκρατείται σε ανάταξη (Willer 1998). Κατά την εφαρμογή του μεταλλικού ράμματος απαιτείται προσοχή, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η κάκωση και η αποκόλληση των μαλακών ιστών που προσφύονται στο οστό, καθώς μέσω αυτών διέχονται τα αγγεία (εξωστική αγγείωση) τα οποία αιματώνουν το οστό κατά την αρχική φάση της ίασης του κατάγματος (Olmstead και Egger 1995, Willer 1998, Fossum 2002). Είναι, επίσης, σημαντικό να αποτραπεί η κάκωση των αγγείων και των νεύρων της περιοχής (Nunamaker 1985, Olmstead και Egger 1995). Ανεξάρτητα από την τεχνική που θα χρησιμοποιηθεί για τη διέλευση του μεταλλικού ράμματος γύρω από το οστό, αυτό θα πρέπει να περάσει μέσα από τους μαλακούς ιστούς και να έρθει σε άμεση επαφή με το οστό (Nunamaker 1985, Olmstead και Egger 1995, Willer 1998), ακριβώς πάνω από το περιόστεο, εφόσον αυτό είναι παρόν (Pardo 1993), αποφεύγοντας την παγίδευσή τους κάτω από το ράμμα (Nunamaker 1985, Egger και Whittick 1990, Pardo 1993, Miller 1998, Willer 1998, Fossum 2002), η οποία θα οδηγούσε σε ισχαιμική νέκρωσή τους (Pardo 1993). Έτσι, ένα φαινομενικώς τεντωμένο μεταλλικό ράμμα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του, θα χαλαρώσει μετεγχειρητικά (Nunamaker 1985, Willer 1998). Η υπερβολική αποκόλληση του περιοστέου είναι ανεπιθύμητη ιδιαίτερα στα νεαρά ζώα, όπου ο ρόλος του περιοστέου στην ίαση του κατάγματος είναι πρωταρχικός (Pardo 1993).

Η διέλευση του μεταλλικού ράμματος γύρω από το οστό μπορεί να γίνει με απλή ώθησή του με το χέρι, η οποία όμως δεν είναι πάντα εφικτή, αφού πρώτα καμφθεί κατάλληλα, ώστε να αποκτήσει το σχήμα της περιφέρειας του οστού (Willer 1998) ή ύστερα από σύλληψη και έλξη του από μια κυρτή αιμοστατική λαβίδα που τοποθετήθηκε προσεκτικά γύρω από το οστό (Olmstead και Egger 1995, Willer 1998) ή τέλος με τη χρησιμοποίηση ενός ειδικού εργαλείου (οδηγός μεταλλικού ράμματος) (Willer 1998, Fossum 2002). Ο οδηγός τοποθετείται γύρω από το οστό, μεριμνώντας να βρισκείται σε στενή επαφή με αυτό, μέχρι η άκρη του να εξέλθει από την άλλη μεριά του οστού. Υπάρχουν δύο τύποι οδηγών. Ο πρώτος φέρει αγωγό στο εσωτερικό του, ο οποίος καταλήγει στο άκρο του. Αφού το ράμμα μέσω του αγωγού διέλθει γύρω από το οστό, ο οδηγός έλκεται προς τα πίσω και απομακρύνεται, ενώ το ράμμα παραμένει στη θέση του (Olmstead και Egger 1995). Ο δεύτερος οδηγός φέρει οπή στο άκρο του στην οποία αγκιστρώνεται η άκρη του ράμματος και ακολουθώντας έλκεται προς την άλλη πλευρά του οστού συμπαρασύροντας το ράμμα. Η χρήση του οδηγού για την εφαρμογή του μεταλλικού ράμματος θεωρείται η πιο ατραυματική τεχνική (Piermattei και Flo 1997, Miller 1998).

Η τεχνική του τεντώματος και της ασφάλισης του μεταλλικού ράμματος, ανάλογα με τον τύπο του, έχει ήδη περιγραφεί. Είναι ουσιώδες το δακτυλοειδές μεταλλικό ράμμα να τοποθετείται σφιχτά γύρω από το οστό (Gambardella 1980, Pardo 1993, Denny και Butterworth

2000, Fossum 2002), ώστε να εξασφαλίζει ακινητοποίηση του κατάγματος, διακαταγματική συμπίεση (Egger και Whittick 1990, Piermattei και Flo 1997, Miller 1998, Willer 1998, Denny και Butterworth 2000) και προστασία της αιμάτωσης του οστού. Αντίθετα, ένα χαλαρό ράμμα, το οποίο επιτρέπει τόσο την ολίσθησή του πάνω στη διάφυση του οστού όσο και τη μετακίνηση των καταγματικών άκρων, διαταράσσει την εξωστική αγγείωση του οστού, εμποδίζει τον πρώιμο σχηματισμό πώρου (Willer 1998), επιφέρει την απορρόφηση του οστού κάτω από το ράμμα, δυσχεραίνει την αποκατάσταση της κύριας αγγείωσης του οστού (μυελική αγγείωση) και μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε αποτυχία της πώρωσης του κατάγματος (Aron 1990). Η ερώτηση "πόσο τέντωμα χρειάζεται ένα μεταλλικό ράμμα;" είναι δύσκολο να απαντηθεί (Denny και Butterworth 2000). Σίγουρα, η εμπειρία του χειρουργού θα μπορούσε να καθορίσει το βαθμό σύσφιξης του ράμματος (Nunamaker 1985), αλλά ο πιο πρακτικός και αντικειμενικός τρόπος είναι η προσπάθεια μετακίνησής του πάνω στο οστό, ασκώντας πίεση στον κόμπο με τη βοήθεια ενός εργαλείου, π.χ. πένσα, βελονοκάτοχο ή αιμοστατική λαβίδα (Pardo 1993, Denny και Butterworth 2000, Fossum 2002). Αν το ράμμα είναι χαλαρό, πρέπει άμεσα να σφιχτεί ή να αντικατασταθεί (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Willer 1998, Fossum 2002). Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση της οστεοσύνθεσης, επειδή τα αρχικά ράμματα μπορεί να χαλαρώσουν, καθώς τοποθετούνται τα επόμενα ή εφαρμόζεται η κύρια μέθοδος οστεοσύνθεσης (Fossum 2002).

Το μεταλλικό ράμμα πρέπει να τοποθετείται κάθετα προς τον επιμήκη άξονα του οστού. Αν τοποθετηθεί λοξά, το μήκος του γύρω από το οστό θα είναι μεγαλύτερο από την περιφέρεια του οστού, γεγονός που θα οδηγήσει στη χαλάρωση και στην ολίσθησή του κατά τη διάρκεια της μετεγχειρητικής περιόδου (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Willer 1998, Fossum 2002). Κατά τη σύσφιξή του, το κλασικό μεταλλικό ράμμα τείνει να αποκλίνει από την κάθετη αυτή θέση προς την κατεύθυνση της φοράς περιστροφής των άκρων του. Η απόκλιση αυτή αποτρέπεται με τη χαλαρή συγκράτηση του ράμματος στην κάθετη θέση με τη βοήθεια μιας κατάλληλης αιμοστατικής λαβίδας (Olmstead και Egger 1995).

Το κωνικό σχήμα της διάφυσης των οστών κοντά στις μεταφύσεις τους προκαλεί την ολίσθηση του ράμματος προς το μέσο της διάφυσης και τη χαλάρωσή του (Egger και Whittick 1990, Pardo 1993, Willer 1998). Η αποτροπή ολίσθησης του ράμματος επιτυγχάνεται με τη δημιουργία εγκοπής περιμετρικά στο φλοιό του οστού (Gambardella 1980, Nunamaker 1985, Egger και Whittick 1990, Piermattei και Flo 1997, Willer 1998, Denny και Butterworth 2000) στο σημείο εφαρμογής του είτε με την τοποθέτηση ενός λεπτού ήλου Steinmann (ή βελόνας Kirschner) διαφλοιικά κάθετα στο οστό και αμέσως περιφερικά είτε κεντρικά από το ράμμα (ανάλογα με τη φορά ολίσθησής του) (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Piermattei και Flo 1997, Willer 1998, Fossum 2002). Κα-

θώς το ράμμα σφίγγεται, φωλιάζει στην εγχοπή ή βρίσκει αντίσταση πάνω στον ήλο, αποτρέποντας την ολίσθησή του (Pardo 1993). Στην τελευταία περίπτωση, το ράμμα μπορεί να τοποθετηθεί κεντρικά από το ένα άκρο του ήλου και περιφερικά από το άλλο με την ίδια επιτυχία (Fossum 2002). Η εγχοπή δημιουργείται με τη λεπίδα νυστεριού, το άκρο ενός μικρής διαμέτρου ήλου ή μιας λεπτής λίμας (Pardo 1993, Fossum 2002) και δεν πρέπει να είναι πολύ βαθιά, γιατί αλλιώς ο φλοιός του οστού εξασθενεί και προδιαθέτει σε κάταγμα κατά τη φόρτιση του άκρου (Nunamaker 1985, Egger και Whittick 1990, Olmstead και Egger 1995). Τα άκρα του ήλου αφήνονται να προεξέχουν περίπου 1 mm από την επιφάνεια του οστού (Fossum 2002) και εφόσον είναι δυνατό κάμπτονται για να προληφθεί η ολίσθησή του (Olmstead και Egger 1995, Piermattei και Flo 1997).

Ο ελάχιστος αριθμός μεταλλικών ραμμάτων που απαιτούνται για τη σταθεροποίηση ενός πλήρους κατάγματος είναι δύο (Gambardella 1980, Nunamaker 1985, Egger και Whittick 1990, Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Miller 1998, Fossum 2002), ενώ ο συνολικός αριθμός καθορίζεται άμεσα από το μήκος της καταγματικής γραμμής (Egger και Whittick 1990, Piermattei και Flo 1997). Αν χρησιμοποιηθεί ένα μόνο μεταλλικό ράμμα, αυτό λειτουργεί ως υπομόχλιο για τα καταγματικά άκρα, τα οποία περιστρέφονται γύρω από αυτό (Nunamaker 1985, Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995), με αποτέλεσμα την απώλεια της σταθερότητας του κατάγματος (Pardo 1993). Η μόνη περίπτωση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μεταλλικό ράμμα είναι τα ρωγμώδη κατάγματα (Olmstead και Egger 1995). Τα μεταλλικά ράμματα δεν πρέπει να απέχουν λιγότερο από 1 cm μεταξύ τους (Nunamaker 1985, Aron 1990, Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Piermattei και Flo 1997, Miller 1998, Willer 1998, Fossum 2002) και λιγότερο από 5 mm από τα άκρα της καταγματικής γραμμής (Aron 1990, Pardo 1993, Willer 1998). Η μικρότερη μεταξύ τους απόσταση μπορεί να οδηγήσει σε νέκρωση του οστού και σε καθυστέρηση ή αποτυχία της πώρωσης, λόγω της αποκόλλησης των μαλακών ιστών στα σημεία της τοποθέτησης των ραμμάτων και της διαταραχής της εξωστικής αγγείωσης, ενώ από την άλλη μεριά δεν αυξάνει τη σταθερότητα της ακινητοποίησης (Piermattei και Flo 1997).

Το μεταλλικό ράμμα δεν πρέπει να τοποθετείται μέσα στην εστία του κατάγματος ή σε έλλειμμα του φλοιού που δημιουργήθηκε από την απώλεια τεμαχίου οστού, γιατί αυτό θα οδηγήσει σε καθυστέρηση ή αποτυχία της πώρωσης (Egger και Whittick 1990, Pardo 1993, Willer 1998).

Μετεγχειρητική αγωγή. Κατά κανόνα, τα δακτυλιοειδή μεταλλικά ράμματα δεν αφαιρούνται μετά την ίαση του κατάγματος, εκτός κι αν η παρουσία τους δημιουργήσει προβλήματα (Nunamaker 1985, Pardo 1993, Willer 1998, Fossum 2002). Άλλωστε, τα περισσότερα ράμματα, ιδιαίτερα στα νεαρά ζώα, εγκλωβίζονται στο οστό και είναι πολύ δύσκολο να αφαιρεθούν μετά την ίαση του κατάγματος και την ανάπλαση του πόρου (Nunamaker 1985, Pardo

1993). Η διαβίωση παραμονή των μεταλλικών ραμμάτων δε φαίνεται να εξασθενεί το υποκείμενο οστό ή να παρεμποδίζει την ανάπτυξη του (Pardo 1993).

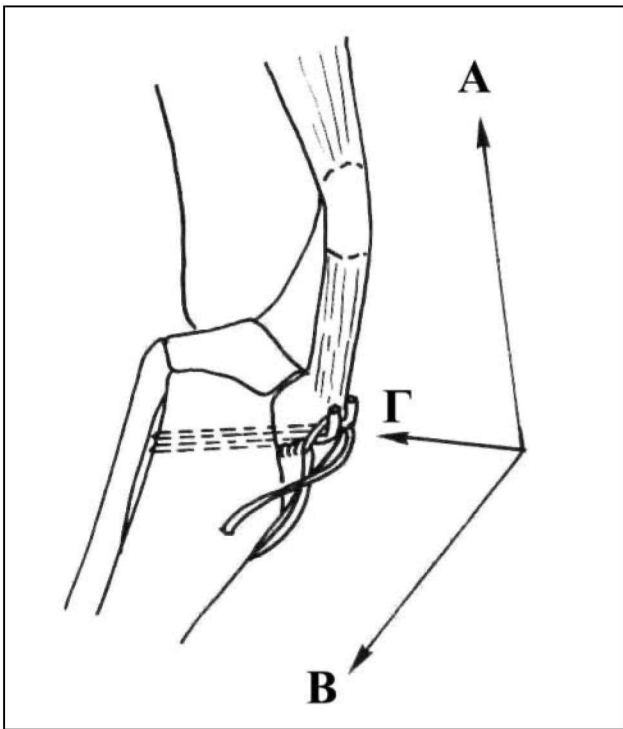
Επιπλοκές. Οι επιπλοκές του δακτυλιοειδούς μεταλλικού ράμματος είναι συνήθως αποτέλεσμα κακής τεχνικής εφαρμογής του ή ανεπιτυχούς επιλογής των περιστατικών (Nunamaker 1985). Συνήθη σφάλματα είναι η χρησιμοποίηση πολύ λεπτού ράμματος, η αποτυχία επαρκούς τεχνολογίας του, η χρησιμοποίηση μη επαρκούς αριθμού ραμμάτων (Pardo 1993, Denny και Butterworth 2000) και η εφαρμογή του σε συντριπτικά κατάγματα με πολλαπλά τεμάχια οστού (Fossum 2002). Τα σφάλματα αυτά οδηγούν σε αποτυχία της οστεοσύνθεσης και σε καθυστέρηση ή αποτυχία της πώρωσης (Pardo 1993). Μερικές φορές το μεταλλικό ράμμα μπορεί να προκαλέσει χολότητα και σημαντική μυϊκή ατροφία, ως αποτέλεσμα ερεθισμού των υπερκείμενων μαλακών ιστών από τα οξύληκτα άκρα του (Nunamaker 1985).

B. Μεταλλικό ράμμα ως ταινία εφελκυσμού (tension band wire)

Οι μηχανικές αρχές της ταινίας εφελκυσμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αντιμετώπιση αποσπαστικών καταγμάτων και οστεοτομών, για να μετατρέψουν τις δυνάμεις απόσπασης, οι οποίες ασκούνται στο τεμάχιο του οστού από ένα μυ, τένοντα ή σύνδεσμο, κατά την κίνηση, σε συμπιεστικές δυνάμεις στην εστία του κατάγματος (Pardo 1993). Συγκεκριμένα, το μεταλλικό ράμμα ως ταινία εφελκυσμού εφαρμόζεται στην αντίθετη πλευρά του κατάγματος από αυτή που ασκείται η δύναμη απόσπασης (Kraus 1998), αναπτύσσοντας μια εφελκυστική δύναμη ίδια σε μέγεθος, αλλά αντίθετη της δύναμης απόσπασης (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995). Η συνισταμένη των δυνάμεων αυτών επιφέρει συμπίεση στην εστία του κατάγματος (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995), η οποία καλείται δυναμική (Miller 1998) (Εικόνα 5). Η τεχνική αυτή, αν εφαρμοστεί σωστά, παρέχει εξαιρετική σταθεροποίηση του κατάγματος, επιτρέποντας την πρόωμη φόρτιση του άκρου μετεγχειρητικά (Pardo 1993).

Ενδείξεις. Το μεταλλικό ράμμα ως ταινία εφελκυσμού βρίσκει εφαρμογή σε κάθε κάταγμα ή οστεοτομή, όπου η έλξη μυών, τενόντων ή συνδέσμων προκαλεί την παρεκτόπιση του οστικού τεμαχίου από την ανατομική θέση του στο κύριο τμήμα του οστού (Pardo 1993). Ειδικότερα, χρησιμοποιείται σε αποσπαστικά κατάγματα και σε οστεοτομές (σε όποια από τα παρακάτω ανατομικά στοιχεία εφαρμόζονται οι τελευταίες) του ακρωμίου, της κορακοειδούς απόφυσης, του μείζονος βραχιόνιου ογκώματος, του ωλεκράνου, του ισχιακού ογκώματος, του μείζονα τροχαντήρα, της επιγονατίδας, του κνημιαίου κυρτώματος, των σφυρών, της πτέρνας, κ.ά. (Nunamaker 1985, Brinker et al. 1990, Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Kraus 1998, Miller 1998, Denny και Butterworth 2000).

Τεχνική και αρχές εφαρμογής. Πριν από την εφαρμογή του μεταλλικού ράμματος ως ταινία εφελκυσμού, εκτιμάται



Εικόνα 5. Μεταλλικό ράμμα ως ταινία εφελκυσμού σε κάταγμα κνημιαίου κνηστώματος. Η συνισταμένη (Γ) των δυνάμεων Α (τετρακέφαλος μύς) και Β (μεταλλικό ράμμα) ασκεί δυναμική συμπίεση στην εστία του κατάγματος (Από Denny και Butterworth 2000).

Figure 5. The tension band wire applied in an avulsion fracture of the tibial tuberosity gives dynamic compression at the fracture site (From Denny and Butterworth 2000).

η κατεύθυνση των δυνάμεων απόσπασης του οστικού τεμαχίου. Επειδή, όμως, οι δυνάμεις αυτές συνήθως αλλάζουν κατεύθυνση κατά την κίνηση μιας άρθρωσης, εκτιμάται η μέση δύναμη απόσπασης. Η ταινία εφελκυσμού εφαρμόζεται στην αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που ασκείται η δύναμη απόσπασης στο οστικό τεμάχιο (Kraus 1998). Η ίδια ακριβώς τεχνική χρησιμοποιείται τόσο στα αποσπαστικά κατάγματα όσο και στις οστεοτομές (Pardo 1993).

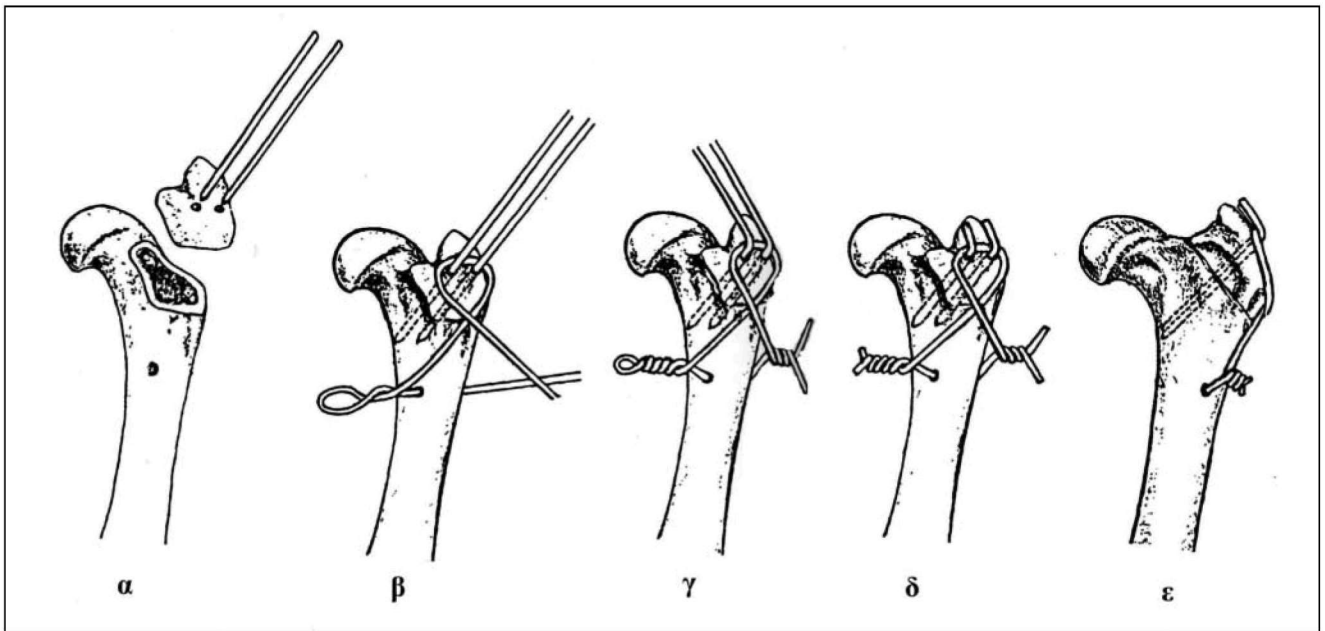
Μετά την ανάταξη του κατάγματος, χρησιμοποιείται ένας (Olmstead και Egger 1995, Miller 1998) ή δύο (Nunamaker 1985, Brinker et al. 1990, Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Kraus 1998, Miller 1998, Denny και Butterworth 2000, Roe 2003) λεπτοί ήλιοι Steinmann (ή βελόνες Kirschner) για να συγκρατηθεί το τεμάχιο του οστού, που έχει αποσπαστεί, στη θέση του και να αποτραπεί η στροφοκίνηση στην εστία του κατάγματος (Pardo 1993, Kraus 1998) (Εικόνα 6α). Η χρήση δύο ήλων, αντί ενός, πλεονεκτεί ως προς την εξουδετέρωση των στροφοκινών φορτίων, αν και σε ορισμένα κατάγματα το οστικό τεμάχιο είναι πολύ μικρό για να τους δεχτεί (Pardo 1993, Olmstead και Egger 1995, Kraus 1998). Πάντως, στην περίπτωση των οστεοτομών θα πρέπει να προβλέπεται η δημιουργία ικανού μεγέθους τεμαχίου οστού (Kraus 1998).

Αν χρησιμοποιηθεί ένας ήλος, το σημείο εισαγωγής του πρέπει να βρίσκεται στο κέντρο του οστικού τεμαχίου, ενώ αν χρησιμοποιηθούν δύο, τα σημεία εισαγωγής τους πρέπει να απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 1-1,5 cm (Olmstead και Egger 1995) και εξίσου από τα άκρα του οστικού τεμαχίου. Οι ήλιοι τοποθετούνται παράλληλα της κατεύθυνσης της επιθυμητής δύναμης συμπίεσης (Kraus 1998) (πρακτικά κάθετα στη γραμμή του κατάγματος) και ενσφηνώνονται στον απέναντι φλοιό του οστού (Εικόνα 6β). Η ενσφηνώσή τους σε δύο φλοιούς, αντί ενός, συμβάλλει στην καλύτερη σταθεροποίηση του κατάγματος (Brinker et al. 1990) και στην πρόληψη της οπισθοχώρησής τους (Pardo 1993, Kraus 1998).

Με τη βοήθεια τρυπανιού ή ήλου Steinmann, διαμέτρου λίγο μεγαλύτερης από αυτής του μεταλλικού ράμματος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί (Olmstead και Egger 1995), διανοίγεται ένας αγωγός έγκεντρα, αλλά όχι πολύ επιφανειακά, στο φλοιό του οστού και κάθετα προς τον επιμήκη άξονά του (Nunamaker 1985, Olmstead και Egger 1995, Kraus 1998, Denny και Butterworth 2000). Το μέσο του αγωγού πρέπει να βρίσκεται σε σημείο διαμετρικά αντίθετο της δύναμης απόσπασης ως προς την καταγματική γραμμή και να απέχει από την τελευταία όσο και το σημείο εισαγωγής των ήλων (Nunamaker 1985, Pardo 1993, Kraus 1998) (Εικόνα 6α).

Για τη δημιουργία της ταινίας εφελκυσμού απαιτείται ένα τεμάχιο κλασικού μεταλλικού ράμματος κατάλληλης διαμέτρου, το οποίο έχει μήκος περίπου το τριπλάσιο της απόστασης από το σημείο εισαγωγής των ήλων μέχρι τον αγωγό που διανοίχτηκε στο οστό. Στο 1/3 του μήκους του ράμματος δημιουργείται ένας βρόχος με απλή περιστροφή του γύρω από τον εαυτό του. Το βραχύ τμήμα του ράμματος διέρχεται από τον αγωγό και χιάζεται με το μακρύ τμήμα του, το οποίο φέρεται γύρω από τα άκρα των ήλων, για να έρθει τελικά σε επαφή με το άλλο άκρο του ράμματος, ώστε το τελικό σχήμα του ράμματος να θυμίζει τον αριθμό οκτώ (Εικόνα 6β). Ο μη χιασμός του ράμματος αποτελεί σημαντικό τεχνικό σφάλμα (Kraus 1998). Το ράμμα σε όλη τη διαδρομή του πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το οστό και να μην παγιδεύει μαλακούς ιστούς π.χ. μύες, τένοντες, συνδέσμους, γιατί αλλιώς θα προκαλέσει τη νέκρωσή τους και θα χαλαρώσει μετεγχειρητικά (Pardo 1993).

Ο τρόπος με τον οποίο τεντώνεται και ασφαρίζεται το ράμμα έχει ήδη περιγραφεί. Στην περίπτωση όμως αυτή, παράλληλα ή εναλλάξ με τα άκρα του ράμματος περιστρέφεται και ο βρόχος, ώστε η τάση να κατανεμηθεί ομοιόμορφα και στις δύο πλευρές του (Kraus 1998, Denny και Butterworth 2000) (Εικόνα 6γ). Οι Olmstead και Egger (1995) αμφισβητούν την αξία του βρόγχου ως δεύτερο σημείο σύσφιξης του ράμματος, θεωρώντας ότι δεν προσφέρει πρακτικά οφέλη. Πάντως, σε μικρού μήκους ταινίες εφελκυσμού, επαρκές τέντωμα του ράμματος επιτυγχάνεται με σύσφιξη του κόμπου στη μία μόνο πλευρά του ράμματος, χωρίς να χρησιμοποιείται δεύτερο σημείο σύσφιξης (βρόχος) (Denny και Butterworth 2000). Ο κό-



Εικόνα 6. Η τεχνική τοποθέτησης του μεταλλικού ράμματος ως ταινία εφελκυσμού (Από Willer 1998).

Figure 6. Use of the tension band wiring technique for an avulsion fracture of the greater trochanter (From Willer 1998).

μπος κόβεται κατάλληλα και κάμπτεται, όπως άλλωστε και ο βρόχος, για να έρθουν σε επαφή με το οστό (Pardo 1993, Kraus 1998, Miller 1998, Denny και Butterworth 2000). Στην τεχνική αυτή οι δυνάμεις συμπίεσης στην εστία του κατάγματος δεν ασκούνται από το ράμμα και συνεπώς αυτό δε χρειάζεται να βρίσκεται υπό μεγάλη τάση, αλλά απλώς να αντισταθεί στις δυνάμεις απόσπασης που ασκούνται στο τεμάχιο του οστού. Συνεπώς, η απώλεια τάσης του ράμματος από την κάμψη του κόμπου δεν επηρεάζει τη λειτουργικότητά του (Nunamaker 1985). Παρόλα αυτά, μετά την ολοκλήρωση της τοποθέτησης του ράμματος θα πρέπει να ελέγχεται η τάση του, εξασφαλίζοντας ότι είναι ευθύ μεταξύ του αγωγού και των ήλων και ότι σχηματίζει οξείες γωνίες στα δύο αυτά σημεία (Olmstead και Egger 1995).

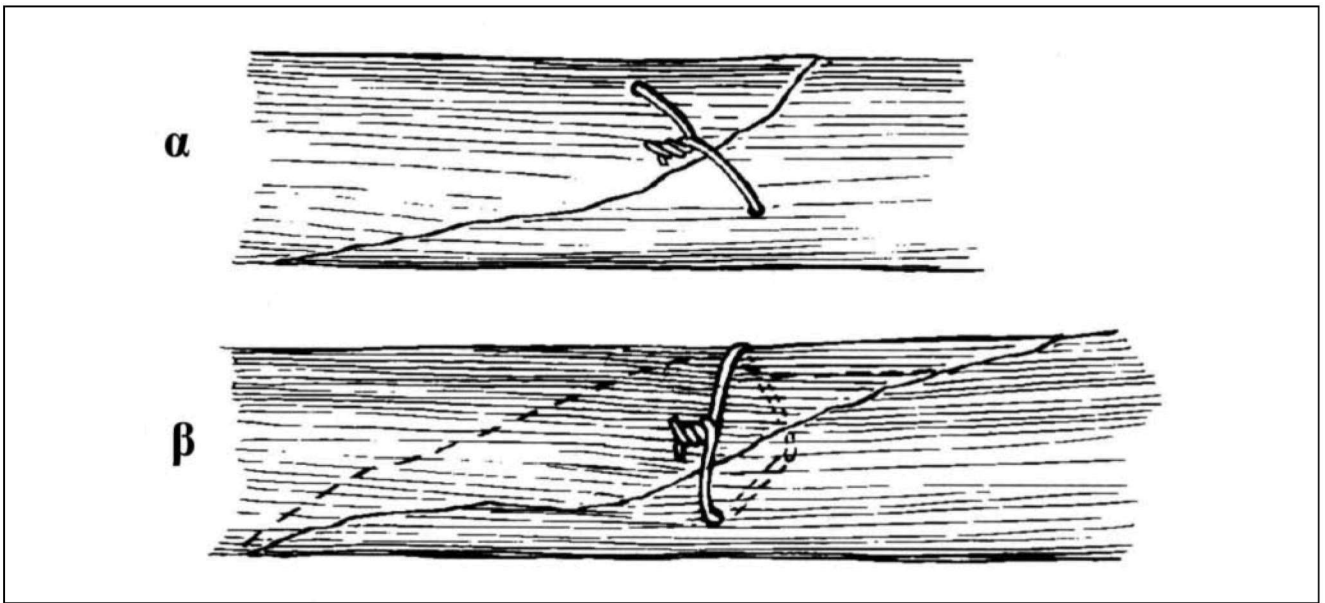
Αντί για ένα τεμάχιο κλασικού μεταλλικού ράμματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο τεμάχια, καθένα από τα οποία συνεισφέρει στην κατασκευή της μισής ταινίας εφελκυσμού. Τα τεμάχια αυτά ενώνονται μεταξύ τους με δύο κόμπους, οι οποίοι χρησιμεύουν και για το τέντωμα του ράμματος. Επίσης, με ανάλογο τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ένα ή δύο τεμάχια AO/ASIF μεταλλικού ράμματος. Η χρησιμοποίηση δύο τεμαχίων ράμματος, αντί ενός, έχει το πλεονέκτημα ότι εξασφαλίζει πιο ομοιόμορφο τέντωμα του ράμματος και επιφέρει μικρότερου βαθμού καταπόνησή του από τους διάφορους χειρισμούς κατά την εφαρμογή του (Pardo 1993).

Τα ελεύθερα άκρα των ήλων κάμπτονται κατά 90° προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή της τοποθέτησης της ταινίας εφελκυσμού, ώστε να έρθουν σε επαφή με την επιφάνεια του οστού, και κόβονται, αφήνοντας 4-6 mm να προεξέχουν από το σημείο εισαγωγής τους στο οστό (Ει-

κόνα βγ-ε). Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται ο ερεθισμός των μαλακών ιστών και αποτρέπεται η ολίσθηση των ήλων και του ράμματος (Nunamaker 1985, Brinker et al. 1990, Pardo 1993, Miller 1998, Denny και Butterworth 2000).

Μετεγχειρητική αγωγή. Στα ενήλικα ζώα, κατά κανόνα, τα υλικά οστεοσύνθεσης της ταινίας εφελκυσμού, εφόσον έχουν τοποθετηθεί σωστά, δεν αφαιρούνται μετά την ίαση του κατάγματος (Nunamaker 1985, Brinker et al. 1990, Fossum 2002). Η αφαίρεσή τους ενδείκνυται μόνο εφόσον προκαλέσουν ερεθισμό των μαλακών ιστών ή επέλθει χαλάρωσή τους (Nunamaker 1985, Pardo 1993, Fossum 2002). Αντίθετα, στις περιπτώσεις που στην ταινία εφελκυσμού εγκλωβίζεται μια ανοικτή επιφυσιακή γραμμή, η αφαίρεσή τους ενδείκνυται να γίνεται το αργότερο σε 4 εβδομάδες για να μειωθεί ο κίνδυνος πρώιμης σύγκλισης της (Pardo 1993).

Επιπλοκές. Οι επιπλοκές της ταινίας εφελκυσμού είναι σπάνιες και συνήθως είναι αποτέλεσμα κακής τεχνικής εφαρμογής της. Συνήθη σφάλματα είναι η χρησιμοποίηση μεταλλικού ράμματος μικρότερης διαμέτρου (θραύση του ράμματος), η δημιουργία του αγωγού πολύ επιφανειακά (κάταγμα του φλοιού και χαλάρωση του ράμματος), η μη ενσφήνωση των ήλων στον απέναντι φλοιό (οπισθοχώρησή τους), ο μη χιασμός του ράμματος (η συμπίεση δεν ασκείται ομοιόμορφα σε όλη την έκταση της εστίας του κατάγματος), η μη κάμψη του κόμπου ή των ήλων (ερεθισμός των μαλακών ιστών, ολίσθηση του ράμματος ή των ήλων) και η τοποθέτηση ενός μόνο ήλου. Στην τελευταία περίπτωση, επιτρέπεται η στροφική κίνηση στην εστία του κατάγματος, με αποτέλεσμα την ταχεία καταπόνηση και τη θραύση του ράμματος που οδηγεί σε αποτυχία πόρωσης. Πάντως, όπως ήδη αναφέρθηκε, σε μικρά



Εικόνα 7. Ημιδακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα σε κάταγμα της διάφυσης μακρού οστού (Από Olmstead και Egger 1995).
Figure 7. Hemi-cerclage orthopaedic wire in a long bone fracture (From Olmstead and Egger 1995).

αποσπαστικά κατάγματα ή οστεοτομές η τοποθέτηση δύο ήλων είναι αδύνατη (Nunamaker 1985, Kraus 1998).

Γ. Διακαταγματικά μεταλλικά ράμματα (interfragmentary wires)

Διακαταγματικά καλούνται τα μεταλλικά ράμματα, τα οποία διερχόμενα από οπές ή αγωγούς, που έχουν διανοιχτεί στο φλοιό του οστού στην εστία του κατάγματος, περιβάλλουν μερικώς την περιφέρεια του οστού (Pardo 1993, Fossum 1997, Piermattei και Flo 1997, Willer 1998). Το μεταλλικό ράμμα παρέχει σταθερή συγκράτηση και πιθανώς συμπίεση στην εστία του κατάγματος.

Ενδείξεις. Η χρήση των διακαταγματικών μεταλλικών ραμμάτων ενδείκνυται:

(α) Σε εγκάρσια και σε σπειροειδή ή λοξά (κυρίως βραχέα) κατάγματα της διάφυσης των μακρών οστών (Willer 1998).

Στα κατάγματα αυτά, τα διακαταγματικά μεταλλικά ράμματα χρησιμοποιούνται ως επικουρική μέθοδος οστεοσύνθεσης. Συνήθως, συνδυάζονται με ενδομυελική ήλωση, για την αποτροπή της στροφικής κίνησης στην εστία του κατάγματος και την επίπτωση των καταγματικών άκρων, και σπανιότερα με άλλες μεθόδους οστεοσύνθεσης, π.χ. μεταλλική πλάκα και κοχλίες, ασφαλιζόμενη ήλωση ή εξωτερική οστεοσύνθεση (Pardo 1993, Willer 1998).

(β) Σε κατάγματα πλατιών οστών, όπως των οστών του κρανίου, της ωμοπλάτης και της πυέλου (Pardo 1993, Roe 2003).

(γ) Για τη σύγκλιση διάφορων οστεοτομών, όπως η ρινοτομή, η κρανιοτομή και οι πυελοτομές.

Στις δύο τελευταίες κατηγορίες, τα διακαταγματικά μεταλλικά ράμματα χρησιμοποιούνται ως κύρια μέθοδος

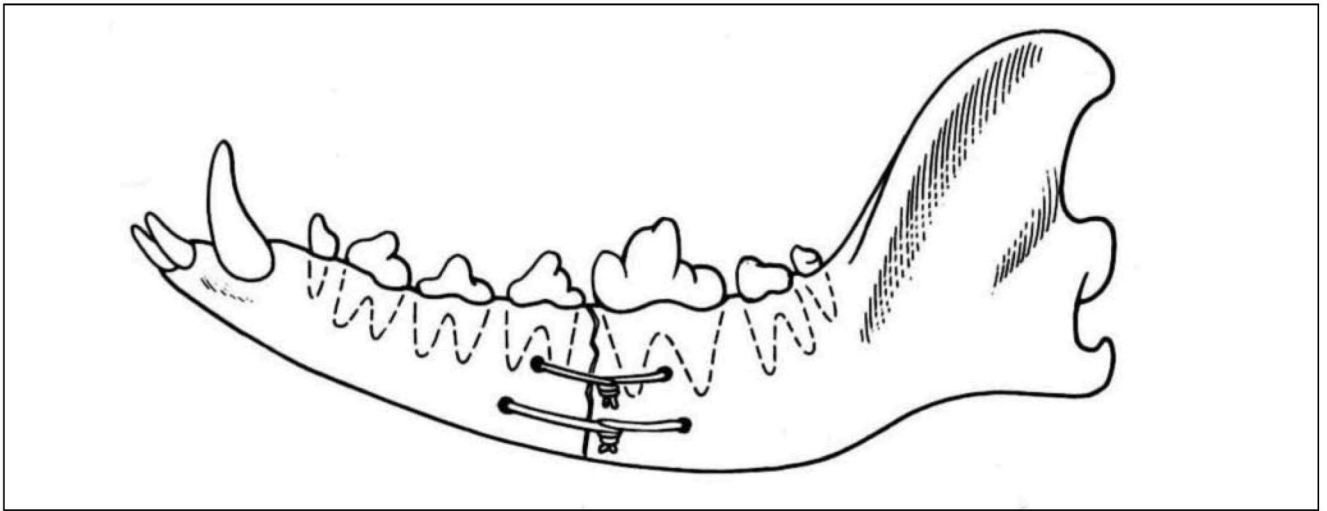
οστεοσύνθεσης.

Οι κυριότεροι τύποι διακαταγματικών μεταλλικών ραμμάτων είναι το ημιδακτυλιοειδές και το χιαζόμενο ή σχήματος οκτώ μεταλλικό ράμμα (Pardo 1993, Willer 1998).

α. Ημιδακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα (hemi-cerclage wire)

Ενδείξεις. Το ημιδακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα χρησιμοποιείται για την οστεοσύνθεση βραχέων λοξών ή σπειροειδών καταγμάτων της διάφυσης μακρών οστών (Εικόνα 7). Η χρήση του δε συνιστάται στα εγκάρσια κατάγματα των μακρών οστών, επειδή δεν εξασφαλίζει επαρκή εξουδετέρωση των στροφικών φορτίων (Pardo 1993). Επίσης, χρησιμοποιείται ως κύρια μέθοδος οστεοσύνθεσης σε κατάγματα πλατιών οστών (Denny και Butterworth 2000) και σε οστεοτομές (Εικόνα 8).

Τεχνική και αρχές εφαρμογής. Για την εφαρμογή του ημιδακτυλιοειδούς μεταλλικού ράμματος διανοίγονται δύο οπές στο φλοιό του οστού, που εντοπίζονται είτε στον ίδιο (Εικόνα 7α) είτε σε διαφορετικά (Εικόνα 7β) καταγματικά άκρα (Olmstead και Egger 1995). Η διάνοιξή τους γίνεται με τρυπάνι ή ήλο Steinmann, διαμέτρου λίγο μεγαλύτερης από το μεταλλικό ράμμα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί (Egger και Whittick 1990, Olmstead και Egger 1995, Denny και Butterworth 2000) και σε απόσταση 1 cm από την καταγματική γραμμή (Egger και Whittick 1990). Αν οι οπές πρόκειται να γίνουν σε διαφορετικά καταγματικά άκρα, το κάταγμα ανατάσσεται προσωρινά και συγκρατείται σταθερά με οστεολαβίδα κατά τη διάρκεια της διάνοιξης των οπών, με σκοπό την ορθή διάνοιξή τους (Egger και Whittick 1990, Olmstead και Egger 1995, Denny και Butterworth 2000). Στην περίπτωση αυτή, το

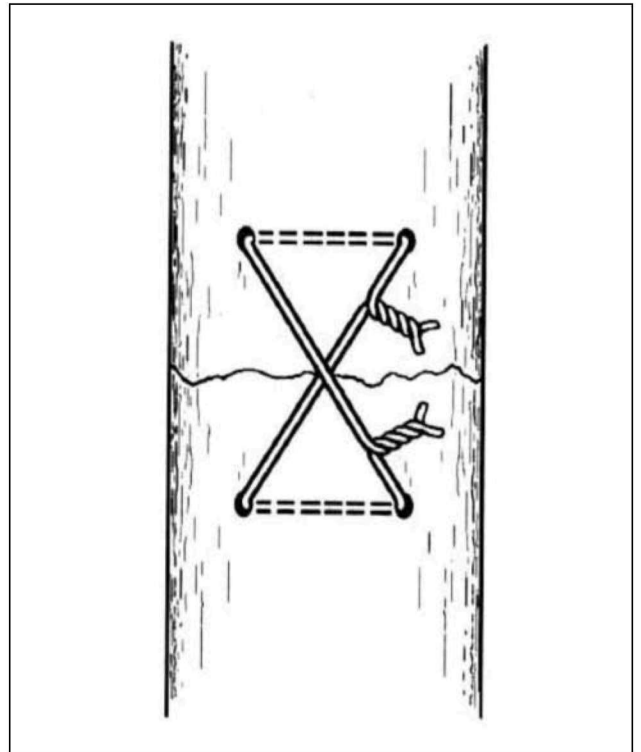


Εικόνα 8. Ημιδακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα σε κάταγμα της κάτω γνάθου (Από Fossum 2002).
Figure 8. Hemi-cerclage orthopaedic wire in a jaw fracture (From Fossum 2002).

ράμμα τοποθετείται κάθετα στην εστία του κατάγματος για να μεγιστοποιηθεί η διακαταγματική συμπίεση (Olmstead και Egger 1995, Willer 1998). Αντίθετα, αν οι οπές πρόκειται να γίνουν στο ίδιο καταγματικό άκρο, το ράμμα τοποθετείται κάθετα στον επιμήκη άξονα του οστού για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα εφίπλευσης των καταγματικών άκρων (Olmstead και Egger 1995).

Ο ενδομυελικός ήλος τοποθετείται στο κεντρικό τμήμα του οστού μέχρι την εστία του κατάγματος και ένα τεμάχιο μεταλλικού ράμματος εισέρχεται από τη μία οπή στον αυλό του οστού, περιβάλλει (για μεγαλύτερη σταθερότητα) ή όχι (Nunamaker 1985) τον ήλο και εξέρχεται από την άλλη οπή (Egger και Whittick 1990, Willer 1998). Στη συνέχεια, το κάταγμα ανατάσσεται οριστικά και συγκρατείται μέχρι ο ήλος να προωθηθεί και να ενσφηνωθεί στο περιφερικό τμήμα του οστού (Egger και Whittick 1990). Ο τρόπος τεντώματος και σύσφιξης του ράμματος έχει ήδη περιγραφεί. Εφόσον χρησιμοποιηθεί κλασικό μεταλλικό ράμμα, το άκρο του κόμπου μπορεί να καμφθεί ή όχι (Egger και Whittick 1990), ανάλογα με το σκοπό της εφαρμογής του (Nunamaker 1985). Η τοποθέτηση περισσότερων του ενός ημιδακτυλιοειδών μεταλλικών ραμμάτων εκτιμάται κατά περίπτωση (Willer 1998). Αν το μεταλλικό ράμμα με το τέντωμά του προκαλέσει απομάκρυνση των καταγματικών άκρων στην αντίθετη πλευρά του οστού, τοποθετείται ένα δεύτερο ράμμα με τον ίδιο τρόπο και σε αυτή την πλευρά (Pardo 1993).

Μετεγχειρητική αγωγή. Κατά κανόνα, το ημιδακτυλιοειδές μεταλλικό ράμμα δεν αφαιρείται μετά την ίαση του κατάγματος, εκτός κι αν η παρουσία τους δημιουργήσει προβλήματα. Στην περίπτωση που το ράμμα περιβάλλει έναν ενδομυελικό ήλο, η αφαίρεση του τελευταίου, μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της πάρωσης, δεν παρεμποδίζεται από την παρουσία του ράμματος (Nunamaker 1985).



Εικόνα 9. Χιαζόμενο ή σχήματος οκτώ μεταλλικό ράμμα (Από Piermattei και Flo 1997).

Figure 9. Cruciate or figure-eight orthopaedic wire (From Piermattei and Flo 1997).

Επιπλοκές. Οι επιπλοκές του ημιδακτυλιοειδούς μεταλλικού ράμματος είναι συνήθως συνέπεια της χρησιμοποίησης λεπτότερου ράμματος, με αποτέλεσμα τη θραύση του, ή ανεπιτυχούς επιλογής των περιστατικών (Nunamaker 1985).

β. Χιαζόμενο ή σχήματος οκτώ μεταλλικό ράμμα (cruciate or figure-eight wire)

Αποτελεί τον αποτελεσματικότερο τύπο διακαταγματικού μεταλλικού ράμματος για την εξουδετέρωση των στροφικών φορτίων, που ασκούνται στην εστία του κατάγματος (Fossum 1997). Επίσης, αν εφαρμοστεί σωστά παρέχει αυξημένη διακαταγματική συμπίεση (Willer 1998).

Ενδείξεις. Το χιαζόμενο μεταλλικό ράμμα (Εικόνα 9) ενδείκνυται για την οστεοσύνθεση των εγκάρσιων καταγμάτων της διάφυσης των μακρών οστών. Αντίθετα, στα λοξά ή σπειροειδή κατάγματα, επέρχεται διάφορου βαθμού εφίπλευση των καταγματικών άκρων κατά τη φόρτιση του άκρου, με αποτέλεσμα τη χαλάρωση του ράμματος (Fossum 1997).

Τεχνική και αρχές εφαρμογής. Το κάταγμα ανατάσσεται προσωρινά, με σκοπό την ορθή διάνοιξη δύο αγωγών στο φλοιό του οστού με τρυπάνι ή ήλο Steinmann, διαμέτρου λίγο μεγαλύτερης από το μεταλλικό ράμμα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Οι αγωγοί διανοίγονται κάθετα προς τον επιμήκη άξονα του οστού και σε απόσταση 1 cm εκατέρωθεν της καταγματικής γραμμής. Αν η παραπάνω απόσταση αυξηθεί, η ικανότητα του ράμματος να εξουδετερώνει τα στροφικά φορτία περιορίζεται, ενώ αν μειωθεί υπάρχει αυξημένος κίνδυνος πρόκλησης κατάγματος στα καταγματικά άκρα. Επίσης, οι αγωγοί διανοίγονται έκκεντρα, αλλά όχι πολύ επιφανειακά, στο φλοιό του οστού, ώστε να αποτραπεί κάταγμα του στη θέση αυτή. Η

κατεύθυνση και η θέση των αγωγών πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε το ράμμα μετά την τοποθέτησή του να βρίσκεται στην πλευρά του οστού που ασκούνται οι δυνάμεις διάτασης (Pardo 1993, Fossum 1997, Willer 1998).

Ένα τεμάχιο κλασικού μεταλλικού ράμματος διέρχεται μέσα από τον έναν αγωγό, τα άκρα του χιάζονται πάνω στην εστία του κατάγματος και ακολούθως διέρχεται από τον άλλο αγωγό (Fossum 1997). Το κάταγμα ανατάσσεται οριστικά και τοποθετείται ένας ενδομυελικός ήλος. Το ράμμα τεντώνεται και ασφαρίζεται χρησιμοποιώντας ένα ή δύο κόμπους, όπως περιγράφηκε στην τεχνική του μεταλλικού ράμματος ως ταινία εφελκυσμού. Αντί για ένα τεμάχιο μεταλλικού ράμματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο, καθένα από τα οποία συνεισφέρει στην κατασκευή του ενός σκέλους του χιαζόμενου ράμματος. Τα τεμάχια αυτά ενώνονται μεταξύ τους με δύο κόμπους, οι οποίοι χρησιμεύουν και για το τέντωμα του ράμματος (Pardo 1993, Willer 1998). Επίσης, με ανάλογο τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ένα ή δύο τεμάχια AO/ASIF μεταλλικού ράμματος. Η χρησιμοποίηση δύο τεμαχίων ράμματος, αντί ενός, έχει το πλεονέκτημα ότι εξασφαλίζει πιο ομοιόμορφο τέντωμα του ράμματος και επιφέρει μικρότερου βαθμού καταπόνησή του από τους διάφορους χειρισμούς κατά την εφαρμογή του. Το υπερβολικό τέντωμα του ράμματος πρέπει να αποφεύγεται, γιατί μπορεί να οδηγήσει σε απομάκρυνση των καταγματικών άκρων στην αντίθετη πλευρά του οστού (Pardo 1993). □

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- Aron DN (1990) Oblique fractures: special considerations for management. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 12: 1743-1754
- Blass CE, van Ee RT, Wilson JW (1991) Microvascular and histological effects on cortical bone of applied double-loop cerclage. *J Am Anim Hosp Assoc*, 27: 432-434
- Brinker WO, Olmstead ML, Sumner-Smith G, Prieur WD (1998) *Manual of Internal Fixation in Small Animals*. 2nd ed, Springer-Verlag, Berlin, 87-91
- Brinker WO, Piermattei DL, Flo GL (1990) *Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Treatment*. 2nd ed, WB Saunders, Philadelphia, 30-34
- Gambardella PC (1980) Full cerclage wires for fixation of long bone fractures. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 2: 665-671
- Denny HR, Butterworth SJ (2000) *A Guide to Canine and Feline Orthopaedic Surgery*. 4th ed, Blackwell Science, Oxford, 114-118
- Egger EL, Whittick WG (1990) Principles of fracture management. In: Whittick WG (ed) *Canine Orthopedics*. 2nd ed, Lea & Febiger, Philadelphia, 244-247 & 291-294
- Fossum TW (1997) *Small Animal Surgery*. Mosby, St. Louis, 745-747
- Fossum TW (2002) *Small Animal Surgery*. 2nd ed, Mosby, St. Louis, 831-837 & 877-880
- Kraus KH (1998) Tension band wiring. In: Bojrab MJ (ed) *Current Techniques in Small Animal Surgery*. 4th ed, Williams & Wilkins, Baltimore, 925-927
- Miller A (1998) Principles of fracture surgery. In: Coughlan A, Miller A (eds) *Manual of Small Animal Fracture Repair and Management*. BSAVA, Cheltenham, 74-75 & 88-89
- Nunamaker DM (1985) Methods of internal fixation. In: Newton CD, Nunamaker DM (eds) *Textbook of Small Animal Orthopaedics*. JB Lippincott, London, 279-282
- Newton CD, Hohn RB (1974) Fracture non-union resulting from cerclage appliances. *J Am Vet Med Assoc*, 164: 503-508
- Olmstead ML, Egger EL (1995) Primary and auxiliary implants and techniques. In: Olmstead ML (ed) *Small Animal Orthopaedics*. Mosby, St. Louis, 112-119
- Pardo AD (1993) Cerclage wiring and tension band fixation. In: Slatter D (ed) *Text-book of Small Animal Surgery*. 2nd ed, WB Saunders, Philadelphia, 1631-1640
- Piermattei DL, Flo GL (1997) *Handbook of Small Animal Orthopaedics and Fracture Repair*. 3rd ed, WB Saunders, Philadelphia, 104-111
- Roe S (2003) Internal fracture fixation. In: Slatter D (ed) *Textbook of Small Animal Surgery*. 3rd ed, Saunders, Philadelphia, 1798-1804
- Vaughan LC (1975) Complications associated with internal fixation of fractures in the dog. *J Small Anim Pract*, 16: 415-423
- Withrow SJ, Holmberg DC (1977) Use of full cerclage wires in the fixation of 18 consecutive long bone fractures in small animals. *J Am Anim Hosp Assoc*, 13: 735-43
- Willer R (1998) Cerclage wiring. In: Bojrab MJ (ed) *Current Techniques in Small Animal Surgery*. 4th ed, Williams & Wilkins, Baltimore, 915-925
- Wilson JW (1987) Effect of cerclage wires on periosteal bone in growing dogs. *Vet Surg*, 16: 299-302