

Αντιμετώπιση καταγμάτων διάφυσης κνήμης με ασφαλιζό- μενη ενδομυελική ήλωση

⁽¹⁾Σ.Παράσχου
⁽¹⁾Α.Καρανικόλας,
⁽¹⁾Η.Αναστασόπουλος
⁽²⁾Θ.Βασιλακάκος,
⁽²⁾Α.Παπαπάνος
⁽²⁾Ι.Αλεξόπουλος
⁽²⁾Ν.Ρούσσης

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσουμε την εμπειρία μας στην αντιμετώπιση καταγμάτων διάφυσης κνήμης με ασφαλιζόμενη ενδομυελική ήλωση. Στο χρονικό διάστημα Ιανουαρίου 1998-Δεκεμβρίου 2006 αντιμετωπίσαμε 121 ασθενείς με κάταγμα διάφυσης κνήμης. Εξαιρέθηκαν τα κατάγματα που αντιμετωπίστηκαν με εξωτερική οστεοσύνθεση και ήλο Marchetti. Από αυτούς 87 ήταν άνδρες και 34 γυναίκες. Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν 32 χρόνια (18-61). Είχαμε 78 κατάγματα δεξιού σκέλους και 43 αριστερού. Σύμφωνα με την ταξινόμηση της ΑΟ είχαμε 42 κατάγματα τύπου Α 69 κατάγματα τύπου Β και 10 κατάγματα τύπου C. Πέντε κατάγματα ήταν ανοικτά, 3 Grade I και 2 Grade II κατά Gustillo. Όλα αντιμετωπίστηκαν με ασφαλιζόμενο ενδομυελικό ήλο, 94 με ήλο τύπου GK, 17 με ήλο της ΑΟ και 10 με ήλο της Orthofix. Κλειστή ήλωση επετεύχθη σε 117 ασθενείς. Η παρακολούθηση διήρκεσε από 0. 5 ως 9. 5 έτη. Είχαμε 2 διεγχειρητικά κατάγματα, 2 παрэσεις περωναίου, μια επιπολής φλεγμονή, μια ατροφία τετρακεφάλου, 8 γοναλγίες, μια πώρωση σε πλημμελή θέση και μια καθυστερημένη πώρωση με θραύση βιδών που τελικά οδήγησε σε πώρωση. Είχαμε 2 επανεγχειρήσεις. Θεωρούμε ότι η ασφαλιζόμενη ενδομυελική ήλωση με γλυφανισμό είναι η μέθοδος εκλογής για τη συντριπτική πλειοψηφία των καταγμάτων της διάφυσης της κνήμης.

⁽¹⁾Α ' Ορθοπαιδική Κλινική
- Γενικό Νοσοκομείο Κιλκίς
⁽²⁾Ορθοπαιδική Κλινική
-Γενικό Νοσοκομείο Αγρινίου

Λέξεις ευρετηρίου: κατάγματα διάφυσης κνήμης, ενδομυελική ήλωση

Εισαγωγή

Η αντιμετώπιση των καταγμάτων της διάφυσης της κνήμης στη διάρκεια του χρόνου πέρασε από πολλά στάδια. Αρχικά υποστηρίχτηκε η συντηρητική αντιμετώπιση με γύψο που είχε υποστηρικτές μέχρι και το πρόσφατο παρελθόν (Oni et al 1988, Sarmiento et al 1989). Μετά τη σκυτάλη έλαβε η σταθερή οστεοσύνθεση με πλάκα και βίδες που έτυχε μεγάλης αποδοχής τη δεκαετία του 80 γιατί ελάττωσε τη νόσο του γύψου, δηλαδή το σύνδρομο διαμερίσματος, το σύνδρομο Sudeck, την εν τω βάθει θρομβοφλεβίτιδα και τη βλάβη των μαλακών μορίων (Algower και Perren 1980). Τέλος ήρθε η σειρά του ασφαλιζόμενου ενδομυελικού ήλου ο οποίος ήταν η εξέλιξη του ήλου Kuntcher από τους μαθητές του, Klemm, Gross και Kempf. Η δυνατότητα ασφάλισής του τόσο κεντρικά όσο και περιφερικά επέκτεινε τη χρήση του και σε συντριπτικά κατάγματα ή κατάγματα

με παρασχίδα (πεταλούδα) δηλαδή τύπου B και C κατά AO γιατί έχει τη δυνατότητα διατήρησης του μήκους και αυξάνει τη στροφική και αξονική σταθερότητα (Klemm 1986, Anastopoulos 1993).

Υλικό-Μέθοδος

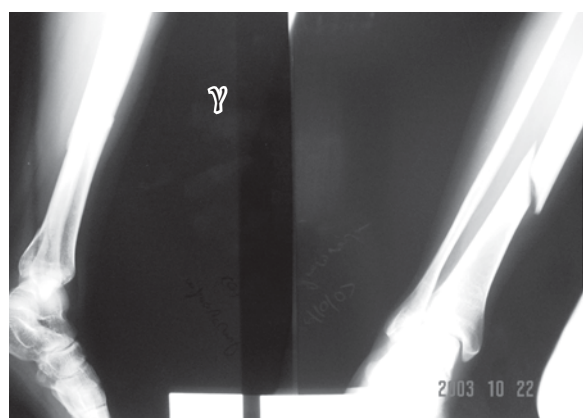
Κατά το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου 1998-Δεκεμβρίου 2006 αντιμετωπίστηκαν 121 ασθενείς με κάταγμα διάφυσης κνήμης με τη χρήση ασφαλιζόμενου ήλου με γλυφανισμό. Από αυτούς 87 ήταν άνδρες και 34 γυναίκες. Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν 32 έτη(18-71). Είχαμε 78 κατάγματα δεξιού σκέλους και 43 αριστερού. Σύμφωνα με την ταξινόμηση της AO είχαμε 42 κατάγματα τύπου A, 69 τύπου B και 10 κατάγματα τύπου C. Πέντε κατάγματα ήταν ανοικτά 3 Grade I και 2 Grade II κατά Gustillo. Όλα αντιμετωπίστηκαν με ασφαλιζόμενο ενδομυελικό ήλο. Εξ αυτών 94 αντιμετωπίστηκαν με ήλο τύπου GK, 17 με ήλο



Εικόνα 1: Πλαγιοπλάγιες ακτινογραφίες καταγμάτων κνήμης που αντιμετωπίστηκαν με ενδομυελική ήλωση.

α. Παρατηρούνται οι δύο περιφερικές βίδες εκτός οπής.

β. Παρατηρούμε την κεντρική από τις δύο περιφερικές βίδες εκτός οπής.



Εικόνα 2:

α. Κάταγματα κνήμης στα όρια μέσου και κάτω τριτημορίου.

β. Διεγχειρητικό κάταγμα στο όριο άνω και μέσου τριτημορίου κνήμης από λάθος εισαγωγή ήλου τυπου ΑΟ.

γ. Διεγχειρητικό ρωγμώδες κάταγμα από λάθος εισαγωγή ήλου τύπου G-K.

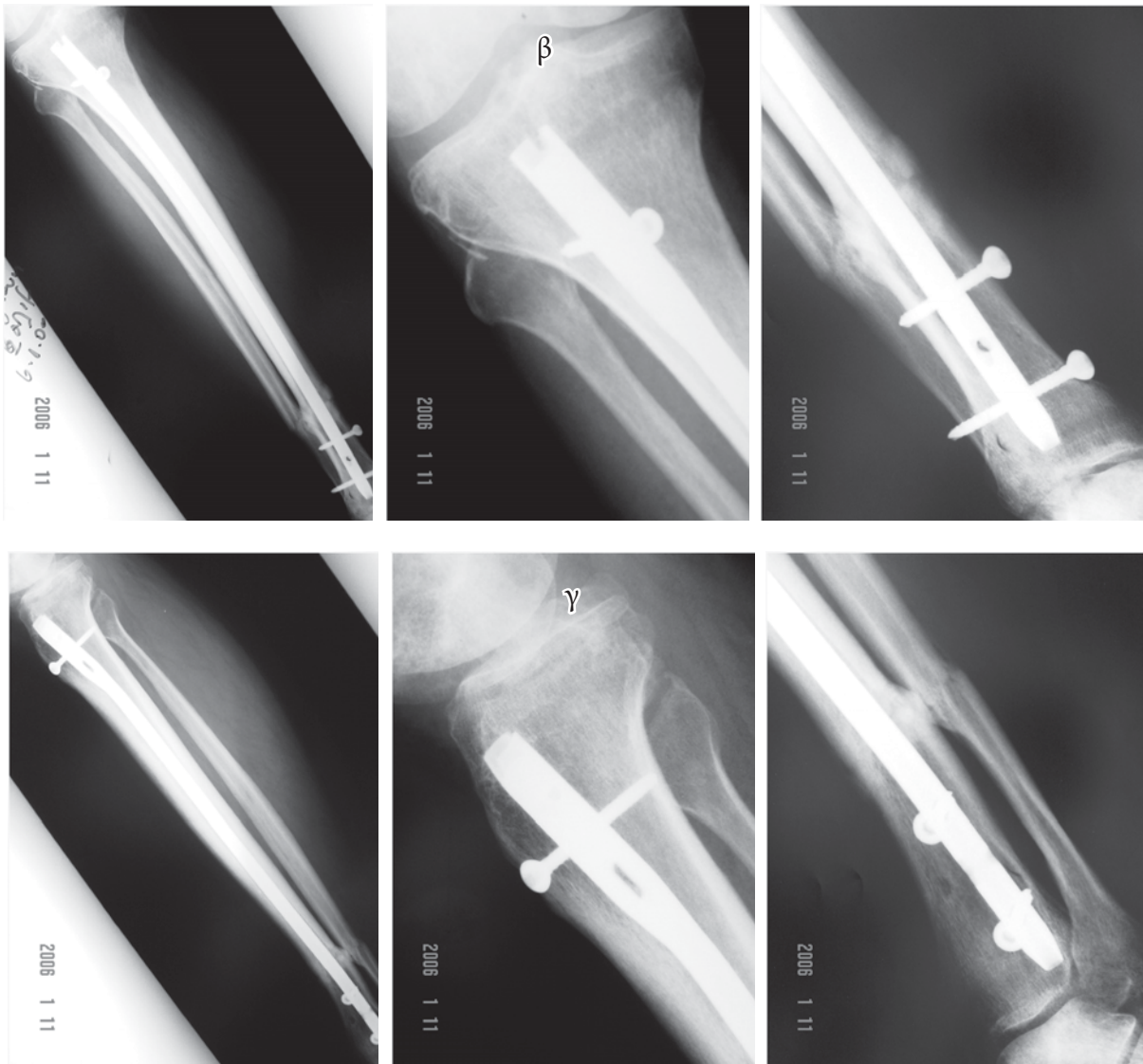
τύπου ΑΟ και 14 με ήλο τύπου Orthofix. Κλειστή δίοδος του οδηγού διά του κατάγματος επετεύχθη σε 117 ασθενείς, ενώ σε όλους έγινε γλυφανισμός. Στατική ήλωση πραγματοποιήθηκε σε 79 κατάγματα (69 τύπου Β και 10 τύπου C κατά ΑΟ) ενώ δυναμική στα 42 κατάγματα τύπου Α κατά ΑΟ. Τοποθετήθηκαν 217 κεντρικές βίδες με σκόπευτρο όλες με επιτυχία και 175 περιφερικές με τη free hand τεχνική από τις οποίες οι 3 ήταν εκτός οπής (εικ. 1). Ο αριθμός προσπαθειών των περιφερικών βιδών ήταν 4 φορές (2-7) για κάθε βίδα. Δεν χρησιμοποιήθηκε παροχέτευση σε κανένα ασθενή. Ο μέσος όρος χειρουργείου ήταν 53 λεπτά (45-76). Κατά την παρακολούθηση 0.5 - 9 έτη παρατηρήσαμε 2 διεγχειρητικά κατάγματα (εικ. 2) που πωρώθηκαν επιτυχώς, 2 παρέσεις περονιαίου, πιθανώς από βίαιους χειρισμούς, που αποκαταστάθηκαν στις 25 μέρες πλήρως, μια επιπολής φλεγμονή στο σημείο εισόδου του ήλου, μια ατροφία τετρακεφάλου, μια πώρωση σε πλημμελή θέση (εικ. 3), μια καθυστερημένη πώρωση με θραύση βιδών με, ευτυχώς, αίσιο αποτέλεσμα πώρωσης σε 6 μήνες (εικ. 4) και 8 γοναλγίες, οι δύο λόγω προβολής του άκρου του ήλου (εικ. 5). Δεν παρατηρήθηκε καμία εν τω βάθει φλεγμονή, σηπτική ψευδάρθρωση, ψευδάρθρωση ή θραύση του ήλου ενώ δεν είχαμε κανένα σύνδρομο διαμερίσματος. Επανεγχειρίστηκαν 2 ασθενείς για αφαίρεση του ήλου που προεξείχε και προκαλούσε γοναλγία. Το αποτέλεσμα ήταν άριστο και πολύ καλό σε 112 ασθενείς, καλό σε 2 ασθενείς με γοναλγία λόγω προεξοχής του άνω άκρου του ήλου (εξαφάνιση αυτής μετά την αφαίρεση του ήλου), πτωχό σε έναν ασθενή με την ατροφία του τετρακεφάλου και μέτριο σε 6 ασθενείς (5 με ανεξήγητη γοναλγία και μία με την πώρωση σε πλημμελή θέση).

Συζήτηση

Η ενδομυελική ήλωση τα τελευταία χρόνια κέρδισε έδαφος στην αντιμετώπιση των καταγμάτων της διάφυσης της κνήμης. Υπερτερεί της αντιμετώπισης με γύψο διότι έχει γρηγορότερο χρόνο πώρωσης, άμεση φόρτιση, μικρότερο ποσοστό

ψευδάρθρωσης και πώρωσης σε πλημμελή θέση (Bone et al 1997, Karladanie et al 2000). Πλεονεκτηεί δε ο ήλος και σε σχέση με την πλάκα λόγω μικρότερου αριθμού επιπλοκών και επανεγχειρήσεων (Bhandari et al 1999). Ο ενδομυελικός ήλος δρα σαν εσωτερικός νάρθηκας. Χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητά του είναι η διάμετρός του, η γωνιώσή του, η εγκάρσια διατομή του, η ελαστικότητά του, το μήκος του, ο γλυφανισμός και η σωστή ασφάλισή του (Bong et al 2007). Μεγάλη συζήτηση έχει γίνει για το εάν χρειάζεται γλυφανισμός στα κλειστά κατάγματα. Οι υποστηρικτές του γλυφανισμού θεωρούν ότι τα προϊόντα του γλυφανισμού δρουν ως μόσχευμα και ότι η καταστροφή της αιμάτωσης του ενδόστεου δεν είναι αρνητικός παράγοντας γιατί αντιρροπείται εξωοστικά και περιοστικά και αποκαθίσταται σε 2 εβδομάδες (Cole 1996, Schemitsch et al 1996). Υπάρχουν και οι πολέμιοι του γλυφανισμού που αναφέρουν καλά ή σχετικά καλά αποτελέσματα χωρίς γλυφανισμό (Greitbaker et al 1998, Young et Toplise 2007). Σε συγκριτικές μελέτες φάνηκε ότι η ενδομυελική ήλωση με γλυφανισμό αν όχι ανώτερη είναι τουλάχιστον ισάξια με αυτήν χωρίς γλυφανισμό ως προς το χρόνο πώρωσης, τον αριθμό ψευδαρθρώσεων, καθυστε-





Εικόνα 3:

α.Κλινική εικόνα δεξιάς κνήμης πωρωθείσας σε πλημμελή θέση.

β.Προσθιοπίσθια ακτινογραφία και λεπτομέρειες αυτής.

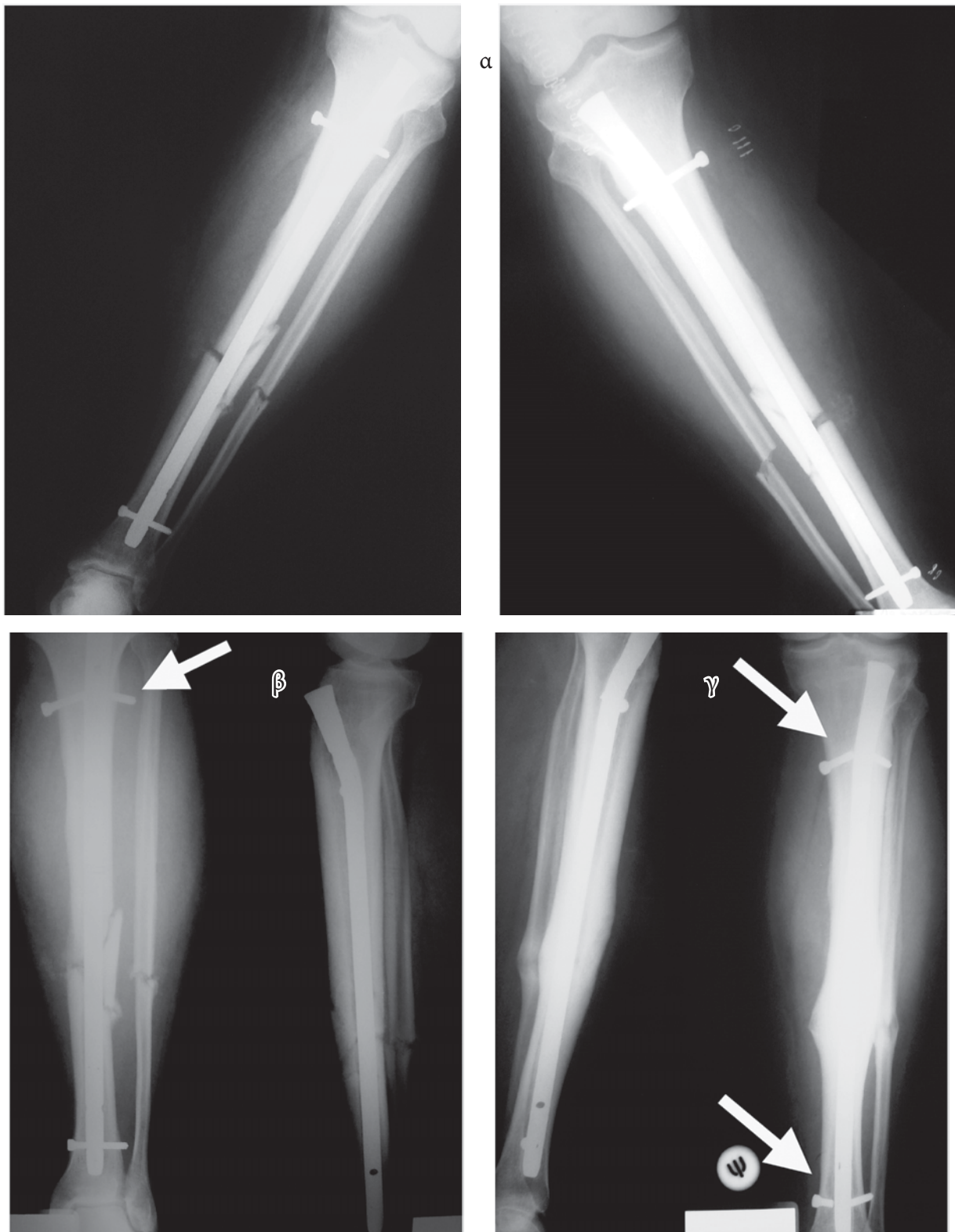
Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει παραλληλότητα μεταξύ κεντρικών και περιφερικών βιδών.

γ.Πλαγιοπλάγια ακτινογραφία και εδώ παρατηρούμε την έλλειψη παραλληλότητας μεταξύ κεντρικών και περιφερικών βιδών.

ρημένων πωρώσεων και του ποσοστού πώρωσης σε πλημμελή θέση και θεωρείται από τους περισσότερους θεραπεία επιλογής για τα κλειστά κατάγματα διάφυσης της κνήμης (Finkemeier et al 2000, Larsen et al 2004). Με μεγαλύτερο σκεπτικισμό αντιμετωπίστηκε η χρήση ασφαλιζόμενου ήλου, και δη με γλυφανισμό, στα ανοικτά κατάγματα. Επιθετικοί χειρουργοί αντιμετώπισαν τα ανοικτά κατάγματα τύπου I και II κατά Gustillo με ενδομυελικό ήλο χωρίς γλυφανισμό με καλά

αποτελέσματα (Garcia-Lopez et al 1998, Darder-Garcia et al 1998, Joshi et al 2004, Muller 1998).

Συγκριτικές μελέτες μεταξύ ήλου χωρίς γλυφανισμό και εξωτερικής οστεοσύνθεσης στα ανοικτά κατάγματα κνήμης έδειξαν ότι οι δύο μέθοδοι είναι ισοδύναμες ως προς τα ποσοστά της φλεγμονής και της πώρωσης σε πλημμελή θέση ενώ ο ήλος έχει μικρότερο ποσοστό ψευδαρθρώσεων και επανεγχειρήσεων και έτσι υποστηρίχτηκε η χρήση ενδομυελικού ήλου χωρίς γλυφανισμό στα



Εικόνα 4:α. Προσθιοπίσθια και πλαγιοπλάγια ακτινογραφία κατάγματος κνήμης τύπου Β κατά ΑΟ που αντιμετωπίστηκε με στατική ενδομυελική ήλωση. β. 6 εβδομάδες μετεγχειρητικά θραύση της κεντρικής βίδας λόγω πρόωρης φόρτισης και λόγω του ότι δεν είχαν τοποθετηθεί 4 βίδες (2+2). γ. 2 χρόνια μετεγχειρητικά πώρωση και θραύση και των δύο βιδών. Το κάταγμα παρουσίασε καθυστερημένη πώρωση (Πλήρης πώρωση στους 6 μήνες).



Εικόνα 5: Πλαγιοπλάγια ακτινογραφία. Παρατηρούμε προβολή του άνω άκρου του ήλου που ερεθίζει τον επιγονατιδικό τένοντα και προκαλεί πρόσθια γοναλγία.

ανοικτά κατάγματα κνήμης (Schundl-Maier et al 1997, Alberts et al 1999, Shannon et al 2002).

Τολμηρότεροι χειρουργοί χρησιμοποίησαν και ήλο με γλυφανισμό σε ανοικτά κατάγματα της κνήμης τύπου I-IIIa κατά Gustillo με καλά αποτελέσματα (Djahungirl et al 2006). Συγκριτικά οι ήλοι με γλυφανισμό σε σχέση με αυτούς χωρίς γλυφανισμό για τα ανοικτά κατάγματα κνήμης τύπου I-IIIa κατά Gustillo ήταν ισοδύναμοι ως προς το ποσοστό φλεγμονής το χρόνο πώρωσης, το ποσοστό ψευδάρθρωσης, τον αριθμό επανεγχειρήσεων και το λειτουργικό αποτέλεσμα με τους χωρίς γλυφανισμό ήλους να έχουν μεγαλύτερο ποσοστό θραύσης βιδών (Keating et al 1997, Finkcmeier et al 2000, Larsen et al 2004). Καλά αποτελέσματα σε ανοικτά κατάγματα τύπου IIIB είχε η χρήση ήλου χωρίς γλυφανισμό συγκρίσιμα με αυτά της εξωτερικής οστεοσύνθεσης (Trppner et al 1999). Εξάγεται λοιπόν το συμπέρασμα ότι για τα κλειστά κατάγματα κνήμης και τα ανοικτά I-IIIa κατά Gustillo η ενδεδειγμένη μέθοδος θεραπείας είναι η ασφαλιζόμενη ενδομυελική ήλωση με γλυφανι-

σμό ενώ για τα IIIB ή EH χωρίς γλυφανισμό ή η εξωτερική οστεοσύνθεση. Η τεχνική είναι απαιτητική και πρέπει να ακολουθείται τομή δια του επιγονατιδικού, σημείο εισόδου 1. 5-2cm κάτω από την άρθρωση ή επί τα εντός του κνημιαίου κυρτώματος, τοποθέτηση οδηγού, γλυφανισμός, τοποθέτηση ήλου κατάλληλης διαμέτρου (1-1.5mm μικρότερη από αυτής του γλυφάνου) και σωστού μήκους. Για τα κατάγματα τύπου A κατά AO συνιστάται δυναμική ήλωση, ενώ για τα τύπου B και C στατική. Δεν έχει σημασία εάν φτάσουμε στο οστόν της κνήμης δια του επιγονατιδικού ή επί τα εντός αυτού (Samuelson et al 2002, Altaasen et al 2002). Το μήκος του ήλου υπολογίζεται μετρώντας συγκριτικά το τμήμα του οδηγού έξω από τον αυλό με ένα οδηγό ίδιου μήκους ή με προεγχειρητικό έλεγχο (France et al 2006). Η τοποθέτηση των περιφερικών βιδών μπορεί να γίνει με ειδικό σκόπευτρο αν και πολλοί προτιμούν τη free hand τεχνική (Krettek et al 1996 και 1998, Wang et al 2006). Χρήση μοσχεύματος συνιστάται στα ανοικτά κατάγματα IIIa και IIIB κατά Gustillo (Swiontokwski et al 2006). Η γοναλγία μετά την ήλωση δεν έχει αιτιολογηθεί πλήρως. Ενοχοποιήθηκαν κατά καιρούς η προβολή του ήλου που ερεθίζει τον επιγονατιδικό τένοντα, η δια του επιγονατιδικού είσοδος του ήλου αν και έχει παρατηρηθεί πόνος και σε είσοδο του ήλου επί τα εντός του επιγονατιδικού και η νεαρή ηλικία, το ζήτημα παραμένει υπό συζήτηση (Court Brown et al 1997, Toivanen et al 2002, Valsto et al 2005, Bhattacharyya et al 2006). Η πώρωση σε πλημμελή θέση εξαρτάται είτε από την κακή διεγχειρητική ανάταξη, λόγω κακής τοποθέτησης οδηγού-ήλου είτε από τη μετεγχειρητική απώλεια της ανάταξης λόγω αστάθειας. Παράγοντες που επηρεάζουν την πώρωση του κατάγματος και μπορεί να οδηγήσουν σε ψευδάρθρωση είναι το κάπνισμα η βλάβη των μαλακών μορίων (καταστροφή αιμάτωσης) η συντριπτικότητα του κατάγματος η διάσταση του κατάγματος πάνω από 3mm (κακή διεγχειρητική ανάταξη) και η αστάθεια λόγω αποτυχίας περιφερικών βιδών (Harvey et al 2002, Drosos et al 2006, Brinker et O Connor 2007). Η αφαίρεση του ήλου πρέπει να γίνεται 2

χρόνια μετεγχειρητικά όταν υπάρχουν ενοχλήματα και όχι νωρίτερα σαν επέμβαση ρουτίνας γιατί έχουν παρατηρηθεί κατάγματα κνήμης κατά την αφαίρεση ήλου (Takakuwa et al 1997, Jones και Schmeling 1999, Boerger et al 1999, Gosling et al 2005). Το σύνδρομο διαμερίσματος είναι σπάνιο και φαίνεται να σχετίζεται με το γλυφανισμό. Σε μια μεγάλη σειρά 625 καταγμάτων κνήμης αντιμετωπισθέντων με ΕΗ με γλυφανισμό παρατηρήθηκαν 17 περιπτώσεις με σύνδρομο διαμερίσματος. Η έγκαιρη αντιμετώπιση (διάνοιξη διαμερισμάτων) εντός 12 ωρών έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα ενώ καθυστέρηση πέρα των 24 ωρών είχε δραματικά αποτελέσματα (Mullet et al 2001). Σπανιότατα έχουν περιγραφεί επιπλοκές από κακή τεχνική όπως τραυματισμός περονιαίου νεύρου από πίεση κεντρικής βίδας, ψευδοανεύρυσμα της πρόσθιας κνήμιας αρτηρίας από κακή τοποθέτηση κεντρικής βίδας και είσοδος του οδηγού στον αστράγαλο (Farus et Johnson 2002, Inamdar et al 2005, Drosos et al 2006). Εμείς είχαμε 2 διεγχειρητικά κατάγματα άνω τριτημορίου λόγω κακής τοποθέτησης του ήλου.

Συμπερασματικά θεωρούμε ότι η ασφαλιζόμενη ενδομυελική ήλωση με γλυφανισμό είναι η μέθοδος εκλογής για την αντιμετώπιση καταγμάτων διάφυσης κνήμης. Η σωστή χρήση αυτής βάσει των ενδείξεων και η σωστά και με θρησκευτική ευλάβεια τηρούμενη απαιτητική χειρουργική τεχνική αποζημιώνουν τόσο τον ασθενή όσο και το θεράποντα ιατρό με ένα πολύ καλό αποτέλεσμα.

Abstract

Treatment of diaphyseal tibial fractures with interlocking intramedullary nailing

⁽¹⁾Paraschou S.,⁽¹⁾Karanikolas A.,⁽¹⁾Anastasopoulos H. ⁽²⁾Vasilakos Th.,⁽²⁾Papapanos A.,⁽²⁾Alexopoulos S.,⁽²⁾Roussis N.

⁽¹⁾A ' Orthopaedic Clinic-Kilkis General Hospital

⁽²⁾Orthopaedic Clinic-Agrinio General Hospital

We want to present our experience in treatment of tibial fractures with interlocking intramedullary nails. From January 1998 to December 2006 we treated 121 patients with tibial diaphyseal fracture with interlocking intramedullary nailing. 87 of them were males and 34 females. Mean age was 32 years (18-71). We had 78 fractures of the right tibia and 43 of the left one. According to AO classification we had 42 fractures of type A, 69 of type B and 10 of type C. We had 5 open fractures 2 Grade I and 3 Grade II according to Gustillo classification. We used GK nail in 94 patients, AO nail in 17 patients and Orthofix nail in 10 patients. We achieved closed insertion of the guide in 117 patients. During 4 years follow up (0.5-9 years) we observed 1 superficial infection, 1 quadriceps atrophy, 8 anterior knee pain, 1 malunion and one patient with broken screws (delay union). We had 2 reoperations. We think that reamed interlocking intramedullary nailing is the treatment of choice for tibial diaphyseal fractures.

Key words: fractures of tibial diaphysis, intramedullary nailing

Βιβλιογραφία

1. **Alberts KA, Loochagen G, Einarsdottir H.** Open tibial fractures: faster union after undreamed nailing than external fixation. *Injury* 1999 Oct;30(8):519-23.
2. **Allgower M, Perren SM.** Operating of tibial shaft fractures? *Unfallheilkunde* 1980 83(5):214-218.
3. **Althausen PL, Neiman R, Finkemeir CG, Olson SA.** Incision placement for intramedullary tibial nailing: an anatomic study. *J Orthop Trauma* 2002 Nov-Dec;16(10):687-90.
4. **Anastopoulos G, Assimakopoulos A, Exarchou E, Pantazopoulos Th.** Closed interlocking nailing in comminuted and segmental femoral shaft fractures. *J. of Trauma* 1993 35(5):772-775.
5. **Bhandari M, Adili A, Leone J, Lachowski RJ, Kwok DC.** Early versus delayed operative

- management of closed tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1999 Nov;(368):230-9.
6. **Bhattacharyya T, Seng K, Nassif NA, Freedman I.** Knee pain after tibial nailing: the role of nail prominence. *Clin Orthop Relat Res* 2006 Aug;449:303-7.
 7. **Boerger TO, Patel G, Murphy JP.** Is routine removal of intramedullary nails justified. *Injury* 1999 Mar;30(2):79-81.
 8. **Bone LB, Sucato D, Stagemann PM, Rohrbacher BJ.** Displaced isolated fractures of the tibial shaft treated with either a cast or intramedullary nailing. An outcome analysis of matched pairs of patients. *J Bone Surg AM.* 1997 Sep;79(9):1336-41.
 9. **Bong MR, Kummer FJ, Egol KA.** Intramedullary nailing of the lower extremity: biomechanics and biology. *J Am Acad Orthop Surg* 2007 Feb;15(2):97-106.
 10. **Brinker MR, O'Connor DP.** Exchange nailing of ununited fractures. *J Bone Surg AM* 2007 Jan;89(1):177-88.
 11. **Court-Brown CM, Gustilo T, Shaw AD.** Knee pain after intramedullary tibial nailing: its incidence, etiology, and outcome. *J Orthop Trauma* 1997 Feb-Mar;11(2):103-5.
 12. **Darder-Garcia A, Darder-Prats A, Gomar-Sancho F.** Nonreamed flexible locked intramedullary nailing in tibial open fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1998 May;(350):97-104.
 13. **Djahangiri A, Garofalo R, Chevalley F, Leyvraz PE, Wettstein M, Borens O, Schizas C, Mouhsine E.** Closed and open grade I and II tibial shaft fractures treated by reamed intramedullary nailing. *Med Princ Pract* 2006; 15(4):293-8.
 14. **Drosos GI, Stavropoulos NI, Kazakos KI.** Peroneal nerve damage by oblique proximal locking screw in tibial fracture nailing: a new emerging complication? *Arch Orthop Trauma Surg* 2006 Nov;24.
 15. **Drosos GI, Bishay M, Karnezis IA, Alegakis AK.** Factors affecting fracture healing after intramedullary nailing of the tibial diaphysis for closed and grade I open fractures. *J Bone Joint Surg Br* 2006 Feb;88(2): 227-31.
 16. **Faraj AA, Johnson VG.** Penetration injury of the hindfoot following intramedullary nail fixation of a tibial fracture. *Acta Orthop Belg* 2002 Apr;68(2):178-81.
 17. **Finkemeier CG, Schmidt AH, Kyle RF, Templeman DC, Varecka TF.** A prospective, randomized study of intramedullary nails inserted with and without reaming for the treatment of open and closed fractures of the tibial shaft. *J Orthop Trauma* 2000 Mar-Apr;14(3):187-93.
 18. **France MA, Koval KJ, Hiebert R, Tejwani N, McLaurin TM, Egol KA.** Preoperative assessment of tibial nail length: accuracy using digital radiography. *Orthopedics* 2006 Jul;29(7):623-7.
 19. **Garcia-Lopez A, Marco F, Lopez-Duran L.** Unreamed intramedullary locking nailing for open tibial fractures. *Int Orthop* 1998;22(2):97-101.
 20. **Gosling T, Hufner T, Hankemeier S, Muller U, Richter M, Krettek C.** Indication for removal of tibial nails. *Chirurg* 2005 Aug;76(8):789-94.
 21. **Greitbauer M, Heinz T, Gaebler C, Stoik W, Vecsei V.** Unreamed nailing of tibial fractures with solid tibial nail. *Clin Orthop Relat Res* 1998 May;(350):105-14.
 22. **Harvey EJ, Agel J, Selznik HS, Chapman JR, Henley MB.** Deleterious effect of smoking on healing of open tibia-shaft fractures. *Am J Orthop* 2000 Sep;31(9):518-21.
 23. **Inamdar D, Alagappan M, Shyam L, Devadoss S, Devadoss A.** Pseudoaneurysm of anterior tibial artery following tibial nailing: a case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2005 Aug;13(2):186-9.
 24. **Jones DH 4th, Schmeling G.** Tibial fracture during removal of a tibial intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 1999 May;13(4):271-3.
 25. **Joshi D, Ahmed A, Krishna L, Lal Y.** Unreamed interlocking nailing in open fractures of tibia. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2004

- Dec; 12(2):216-21
26. **Karladani AH, Granhed H, Edshage B, Jerre R, Styf J.** Displaced tibial shaft fractures: a prospective randomized study of closed intramedullary nailing versus cast treatment in 53 patients. *Acta Orthop Scand* 2000 Apr; 71(2):160-7.
 27. **Keating JF, O'Brien PJ, Blachut PA, Meek RN, Broekhuysen HM.** Locking intramedullary nailing with and without reaming for open fractures of the tibial shaft. A prospective, randomized study. *J Bone Surg Am* 1997 Mar; 79(3):334-41.
 28. **Klemm K, W, Borner M.** Interlocking nailing of complex fractures of the femur and tibia. *Clin Orthop* 1986 212:89-100.
 29. **Krettek C, Konemann B, Noschel F, Schandelmaier P, Blauth M, Tscherne H.** Development and initial clinical use of an aiming device for distal boring in interlocking nailing without roentgen image intensifier for the undreamed tibial nail. *Unfallchirurg* 1996 Nov; 99(11):845-54.
 30. **Krettek C, Konemann B, Farouk O, Miclau T, Kromm A, Tscherne H.** Experimental study of distal interlocking of a solid tibial nail: radiation-independent distal aiming device (DAD) versus freehand technique (FHT). *J Orthop Trauma* 1998 Aug; 12(6):373-8.
 31. **Larsen LB, Madsen JE, Hoiness PR, Ovre S.** Should insertion of intramedullary nails for tibial fractures be with or without reaming? a prospective, randomized study with 3.8 years follow-up. *J Orthop Trauma* 2004 Mar; 18(3):144-9.
 32. **Muller CA, Dietrich M, Morakis P, Pfister U.** Clinical results of primary intramedullary osteosynthesis with the undreamed AO/ASIF tibial intramedullary nail of open tibial shaft fractures. *Unfallchirurg* 1998 Nov; 101(11):830-7.
 33. **Mullet H, Al-Abed K, Prasad CV, O'Sullivan M.** Outcome of compartment syndrome following intramedullary nailing of tibial diaphyseal fractures. *Injury* 2001 Jun; 32(5):411-3.
 34. **Oni OO, Hui A, Gregg PJ.** The healing of closed tibial fractures. The natural history of union with closed treatment. *J Bone Joint Surg (Br)* 1988 5:784-786.
 35. **Samuelson MA, McPherson EJ, Norris L.** Anatomic assessment of the proper insertion site for a tibial intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 2002 Jan; 16(1):23-5.
 36. **Sarmiento A, Gersten LM, Sobol PA et al.** Tibial shaft fractures treated with functional braces. Experience 780 fractures. *J Bone Joint Surg (Br)* 1989 71(4):602-609.
 37. **Schandelmaier P, Krettek C, Rudolf J, Kohl A, Tscherne H.** Advantages of the unreamed tibial nail in comparison with external fixator in treatment of grade 3 B open tibial shaft fractures. *Unfallchirurg* 1997 Apr; 100(4):286-93.
 38. **Shannon FJ, Mullett H, O'Rourke K.** Unreamed intramedullary nail versus external fixator in grade III open tibial fractures. *J Trauma* 2002 Apr; 53(4):650-4.
 39. **Swiontkowski ME, Aro HT, Donell S, Esterhai JL, Goulet J, Jones A, Kregor PJ, Nordsletten L, Paient G, Patel A.** Recombinant human bone morphogenetic protein-2 in open tibial fractures. A subgroup analysis of data combined from two prospective randomized studies. *J Bone Joint Surg Am* 2006 Jun; 88(6):1258-65.
 40. **Takakuwa M, Funakoshi M, Ishizaki K, Aono T, Hamaguchi H.** Fracture on removal of the ACE tibial nail. *J Bone Joint Surg (Br)* 1997 May; 79(3):444-5.
 41. **Toivanen JA, Vaisto O, Kannus P, Latvala K, Honkonen SE, Jarvinen MJ.** Anterior knee pain after intramedullary nailing of fractures of the tibial shaft. A prospective, randomized study comparing two different nail-insertion techniques. *J Bone Joint Surg Am* 2002 Apr; 84-A(4):580-5.
 42. **Tropet Y, Garbuio P, Obert L, Ridoux PE.** Emergency management of type IIIB open tibial fractures. *Br J Plast Surg* 1999 Sep; 52(6):462-70.
 43. **Valsto O, Tolvanen J, Paakkala T, Jarvela T,**

- Kannus P, Jarvinen M.** Anterior knee pain after intramedullary nailing of a tibial shaft fracture:an ultrasound study of the pttellar tendons of 36 patients. J Orthop Trauma 2005 May-Jun;19(5):311-6.
44. **Wang JQ, Zhao CP, Wang MY, Su YG, Hu L, Sun L, Zhang LD, Liu WY, Zhang H, Gao YF, Wang TM.** Computer-assisted auto-frame navigation system for distal locking of tibial intramedullary nails:a preliminary report on clinical application. Chin J Traumatol 2006 Jun;9 (3):138-45.
45. **Young H, Topliss C.** Complications associated with the use of a titanium tibial nail. Injury 2007 Feb;38(2):223-6.

