

Ψευδάρθρωση επί συντριπτικού κατάγματος διάφυσης μηριαίου σε νεαρό ενήλικα πολυτραυματία

Κ. Γιαζιτζόγλου, Ι. Στ. Μπισχινιώτης
Ορθοπαιδική Κλινική, Γ Ν Κοζάνης - Μαμάτσειο

Όροι ευρετηρίου:

κατάγματα διάφυσης μηριαίου
ψευδάρθρωση μηριαίου
αυξητικοί παράγοντες
οστική μορφογενετική
πρωτεΐνη
ανταλλαγή του ήλου
διεύρυνση του αυλού
αλλομοσχεύματα

Key words:

femoral shaft fractures
femoral pseudarthrosis
growth factors
bone morphogenetic proteins
exchange nailing
medullary cavity reaming
allografts

Περίληψη

Παρουσιάζεται περίπτωση νεαρού ανδρός πολυτραυματία με συντριπτικό κάταγμα διάφυσης δεξιού μηριαίου που αντιμετωπίστηκε επείγοντως στο πλαίσιο της αρχικής εισαγωγής του στο Νοσοκομείο. Παρά το ευνοϊκό δεδομένο της αποκατάστασης της ακεραιότητας του έσω φλοιού και της διατήρησης της κινητικότητας των εκατέρωθεν αρθρώσεων, τα κλινικά φαινόμενα του άλγους και της αστάθειας δεν υποχώρησαν. Η επιχειρηθείσα εισαγωγή αυτόλογων αυξητικών παραγόντων στην εστία δεν απέδωσε επίσης. Διενεργήθηκε ανταλλαγή του ήλου με παχύτερο ενδοασφαλιζόμενο, αποκαταστάθηκε η συμπλησία των οστικών περάτων και εισήχθησαν αλλομοσχεύματα με τελικό ευνοϊκό αποτέλεσμα.

Femoral pseudarthrosis after a comminuted diaphyseal femoral fracture in a young polytrauma patient

Giazitzoglou K, Bischiniotis I S.

Orthopaedic Department - Kozani General Hospital,
Kozani, Greece

Abstract

A case of a young male polytrauma patient with comminuted right femoral diaphyseal fracture, which was medullary, fixed on emergency basis soon after his admission in our Institution. Despite the favorable restoration of the integrity of the medial cortex and conservation of the range of motion of ipsilateral hip and knee clinical phenomena of pain and instability not subsided. The attempted introduction of autologous growth factors in the outbreak did not work well. It remained thus to conduct a nail exchange with a thicker interlocking one, after open reduction. The resulting restoration of the proximity of the fracture ends and insertion of preserved allografts lead in pseudarthrosis union.

Εισαγωγή

Η ψευδάρθρωση των καταγμάτων της διάφυσης του μηριαίου παρά τις προόδους που έχουν υπάρξει στη μελέτη της μηχανικής και της βιολογίας τους εξακολουθεί και απο- τελεί υπαρκτό διαγνωστικό αλλά κυρίως θεραπευτικό πρόβλημα (Canadian Orthopaedic Trauma Society 2003, Winqvist και συν 1984, Wolinsky και συν 1999). Η μηριαία διάφυση παρά την καλή αιμάτωση από το αυτόνομο τροφοφόρο σύστημα του οστού και την καλή κάλυψή από μαλακά μόρια ανεξάρτητα από τη μέθοδο οστεοσύνθεσης που επιλέγεται υπόκειται στον κίνδυνο της καθυστερημένης πώρωσης και ψευδάρθρωσης (Furlong και συν 1999). Τα ανωτέρω είναι ακόμη πιο έκδηλα όταν πρόκειται για επιλεγμένους πολυτραυμα- τίες στους οποίους έχει επιλεγεί η ενδοασφαλιζόμενη ενδομυελική ήλωση ως μέθοδος ορι- στικής θεραπείας και όπως είναι φυσικό ο σχεδιασμός της ενδομυελικής ήλωσης αλλά και η εκτέλεσή της είναι δυνατό να υστερεί από τεχνική άποψη (Hak και συν 2000).

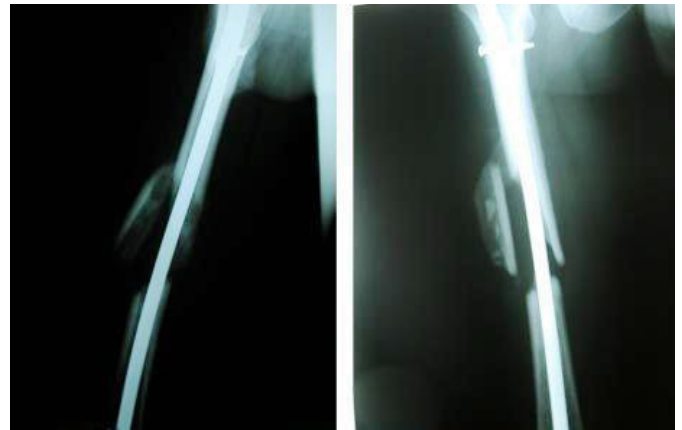
Παρουσίαση ασθενούς

Ασθενής ηλικίας 24 ετών ενεπλάκη σε πλαγι- ομετωπική σύγκρουση ως οδηγός οχή- ματος σε επαρχιακό δρόμο και υπέστη ΚΕΚ-εγκεφαλική δια- άσειση, κλειστή θωρακοκοιλιακή κάκωση και κα- τάγματα της διάφυσης του δεξιού μηριαίου και της αριστεράς επιγονατίδας. Η καλή γενική κατάσταση του ασθενούς και η δυνατότητα οργάνωσης επεί- γοντος χειρουρ- γείου επέτρεψαν την ενδοασφα- λιζόμενη ενδομυελική ήλωση του κατάγματος της μηριαίας διάφυσης και την οστεοσύνθεση του κα- τάγματος της επιγονατίδας με τη βοήθεια βελονών Kirschner και συρμάτινης αγκύλης ελκυσμού.

Η μετατραυματική/μετεγχειρητική πορεία του ασθενούς ήταν απρόσκοπη. Τα τραύματά του επουλώθηκαν ομαλώς κατά πρώτο σκοπό. Η πώ- ρωση των καταγμάτων όμως παρουσίασε προβλή- ματα που αναλύονται παρακάτω.

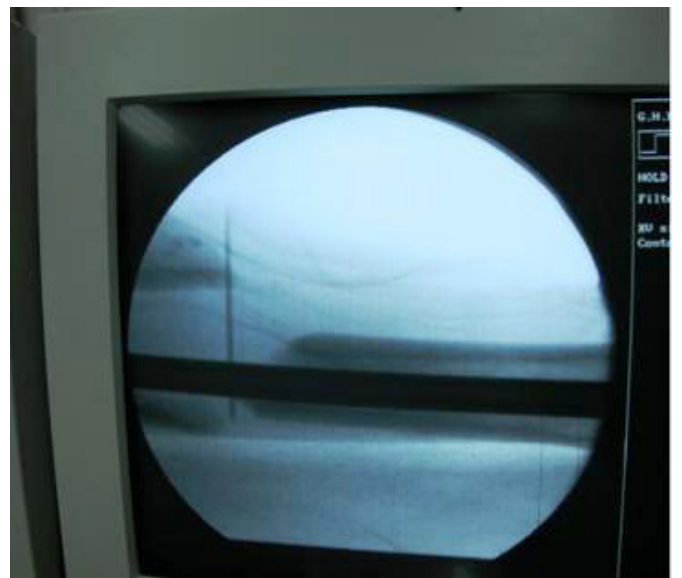
Παρουσιάστηκε χαλάρωση της συρμάτινης αγκύλης ελκυσμού του κατάγματος της επιγονατί- δας και προβλήματα από πίεση επί του υπερκειμέ- νου δέρματος. Η πρώιμη αφαι- ρηση των υλικών που ενοχλούσαν επέλυσε το πρόβλημα και επέτρε- πε την πώρωση του κατάγματος με καλή ομαλότη- τα των αναταγμένων αρθρικών επιφανειών.

Το κάταγμα της διάφυσης του μηριαίου παρά την εμφάνιση στοιχείων πώρωσης και της μερικής επαφής τμήματος του ακέραιου φλοιού εμφάνισε σημεία καθυστερημένης πώρωσης (εικ. 1).



Εικόνα 1. - Η πορεία της πώρωσης δύο μήνες μετά την ενδομυελική ήλωση.

Αποφασίστηκε η αφαίρεση των κοχλιών περι- φερικής ασφάλισης και δυναμοποίηση της ήλωσης (εικ. 2).



Εικόνα 2. - Το αποτέλεσμα της αφαίρεσης της βίδας περιφε- ρικής ασφάλισης

Προκρίνεται επίσης η ενίσχυση της πώρωσης με τη καθοδηγούμενη εισαγωγή αυξητικών παρα- γόντων στην εστία της καθυστερημένης πώρωσης υπό ακτινοσκοπικό έλεγχο (εικ. 2).

Μετά παρέλευση δύο μηνών η εντύπωση αυτή ενισχύεται ενώ έχει αποκατασταθεί πλήρως η κινη- τικότητα του συστοίχου γόνατος (εικ. 3).



Εικόνα 4. - Πλήρης αποκατάσταση της κινητικότητας του γόνατος.

Επιτρέπεται η προοδευτική φόρτιση. Παρά την εντύπωση που δίνεται από τον ακτινολογικό έλεγχο για την ευμενή πρόοδο της πώρωσης του κατάγματος του μηριαίου, ο ασθενής έχει ενοχλήματα στα οποία περιλαμβάνονται άλγος και αστάθεια κατά την φόρτιση. Αποφασίζεται η διάνοιξη της εστίας της ψευδάρθρωσης μετά παρέλευση δεκαμήνου και πλέον από την αρχική επέμβαση. Διενεργείται ανοικτή ενδοασφαλιζόμενη ενδομυελική ήλωση, κατά την οποία συγκρατούνται τα αφεστώτα οστικά πέρατα με δύο συρμάτινες αγκύλες και εισάγονται οστικά αλλομοσχεύματα. Μετά δίμηνο η ψευδάρθρωση φαίνεται ότι έχει πωρωθεί πλήρως με αντίστοιχη απάλειψη των κλινικών ενοχλημάτων (εικ. 5).



Εικόνα 6. - Τελικό ακτινολογικό αποτέλεσμα της αποκατάστασης της ψευδάρθρωσης

Συζήτηση

Η επίτευξη οστέινης πώρωσης χωρίς επιπλοκές είναι ο τελικός σκοπός της θεραπείας κάθε κατάγματος της διάφυσης του μηριαίου, αλλά δεν είναι ο μόνος. Η διόρθωση του άξονα, η εκκρίωση μιας πιθανής λοίμωξης, η βελτιστοποίηση της μυϊκής ισχύος και η αποκατάσταση του ασθενούς δεν είναι μικρότερης σημασίας. Όλοι αυτοί οι αντικειμενικοί στόχοι πρέπει να λαμβάνονται σοβαρώς υπόψη κατά τη χάραξη της θεραπευτικής στρατηγικής. Πέραν της κατάρτισης ενός καλά σχεδιασμένου και εκτελεσμένου θεραπευτικού προγράμματος, εξετάζονται τα συνοδά προβλήματα και η γενική κατάσταση του ασθενούς που πρέπει να βελτιστοποιηθούν για να αυξηθούν οι πιθανότητες επιτυχίας. Επιπροσθέτως, η χρήση καπνού και άλλα λαμβανόμενα φάρμακα, όπως είναι π. χ. κορτικοστεροειδή, μη στεροειδικά αντιφλεγμονώδη, κυτταροστατικά κλπ που μπορεί να επηρεάζουν αρνητικά την οστεογονία πρέπει να ελεγχθούν ή να τροποποιηθούν. Οι θεραπευτικές επιλογές περιλαμβάνουν τεχνικές δυναμοποίησης του ήλου, ανταλλαγής ενδομυελικού ήλου με άλλον μηχανικώς και βιολογικώς επαρκέστερο, η οστεοσύνθεση με πλάκα και βίδες, η εξωτερική οστεοσύνθεση ιδιαιτέρως, όταν πρόκειται για σπιντικές ψευδαρθρώσεις ή όταν υπάρχει ήδη εφαρμοσμένη συσκευή και επιζητείται η άσκηση διαδοχικών κύκλων συμπίεσης-διάτασης (Μπισχινιώτης και συν 2010). Άλλα επικουρικά βοηθήματα είναι η ηλεκτρική διέγερση, η χρήση μοσχευμάτων και η εφαρμογή της αυξητικών παραγόντων.

Ο όρος δυναμοποίηση αναφέρεται στη μετατροπή ενός στατικώς ενδοασφαλιζόμενου ήλου προς ένα δυναμικώς ασφαλιζόμενο ήλο. Αυτό επιτυγχάνεται με την αφαίρεση των κεντρικών ή/και των περιφερικών ήλων ασφάλισης, επιτρέποντας όταν είναι εξασφαλισμένος ο έλεγχος της αξονικής σταθερότητας αναλόγως της κατασκευής του υλικού οστεοσύνθεσης. Θεωρητικώς, η δυναμοποίηση επιτρέπει μεταφορά φορτίων στην εστία της ψευδάρθρωσης, με αποτέλεσμα την προαγωγή της οστεογονίας και την οστέινη πώρωση του κατάγματος (Yokota και Tanaka 2005). Ο μηχανικός ερεθισμός με τη βοήθεια των ασκούμενων δυνάμεων φόρτισης και διαλείπουσας άσκησης καταπονήσεων στην εστία της πώρωσης, στις οποίες μπορεί να μην ήταν προηγουμένως τόσο εκτεθει-

μένη, τις πιο πολλές φορές αρκεί για την επίτευξη της πώρωσης (Wu και Shih 1992). Οι εναλλακτικές θεραπευτικές επιλογές είναι εύκολο να εφαρμοστούν και μπορεί να είναι επαρκείς, όταν υπάρχει αξονική σταθερότητα σε κακώσεις που αρχικώς αντιμετωπίστηκαν με στατική ενδοασφαλιζόμενη ήλωση (Wu 1997).

Η ανταλλαγή του ήλου αναφέρεται στη πρακτική της αφαίρεσης ενός εισηγμένου ήδη ενδομυελικού ήλου, νέα διεύρυνση της μυελικής κοιλότητας κατά μεγαλύτερη διάμετρο και εισαγωγή ενός φαρδύτερου ήλου. Η τεχνική αυτή προάγει την πώρωση τόσο μηχανικώς όσο και βιολογικώς. Η διαδοχική διεύρυνση μεγαλώνει το χώρο της μυελικής κοιλότητας και διευκολύνει την εισαγωγή ενός ευρύτερου και πιο άκαμπτου ήλου. Επιπροσθέτως, η αλλαγή του ήλου προάγει τη σταθερότητα με την αύξηση του μήκους της ισθμικής μοίρας της μυελώδους αυλού, πράγμα το οποίο αυξάνει την επαφή μεταξύ του εμφυτεύματος και του ενδοστέου. Οι βιολογικοί ερεθισμοί που ακολουθούν την ανταλλαγή του ήλου περιλαμβάνουν την ενσποχή αυτολόγων οστικών μοσχευμάτων, μέσω της διαδικασίας της διεύρυνσης του μυελώδους αυλού. Το ακριβές ποσοστό της διεύρυνσης είναι άγνωστο αλλά είναι πιθανό το απαιτούμενο να είναι το ελάχιστο που προσδιορίζεται από την επάρκεια του απομένοντος φλοιώδους οστού (Μπισινιώτης 1998).

Έχουν αναφερθεί ποικίλα ποσοστά επιτυχίας της πρωτογενούς θεραπείας της ψευδάρθρωσης της διάφυσης του μηριαίου (Hak και συν 2000, Kempf και συν 1986, Webb και συν 1986, Furlong και συν 1999). Οι Kempf και συν (Kempf και συν 1986) αναφέρουν συχνότητα 93% οστέινης πώρωσης στη δική τους ανασκόπηση επί 27 ασθενών με ψευδάρθρωση που αντιμετωπίστηκαν με αλλαγή του ήλου. Οι Webb και συν (Webb και συν 1986) αναφέρουν 97% συχνότητα πώρωσης. Στη δική τους σειρά, τα κατάγματα που δεν υπάκουσαν στη πρώτη αλλαγή υπάκουσαν σε μια επανάληψη της διαδικασίας. Πιο πρόσφατες μελέτες, αναφέρθηκε υψηλότερη επίπτωση ψευδάρθρωσης μεταξύ καπνιστών αλλά οι συγγραφείς δεν κατάφεραν να αποδείξουν μια στατιστικώς σημαντική συσχέτιση με άλλους παράγοντες, περιλαμβανομένων του τύπου της ψευδάρθρωσης τη χρήση ήλου στατικής ή δυναμικής συμπίεσης (Hak και συν 2000, Cove

και συν 1997, Furlong και συν 1999). Σε μια αναδρομική μελέτη επί 19 ασθενείς με ψευδάρθρωσεις της διάφυσης του μηριαίου θεραπεύτηκαν με αλλαγή του ήλου. Οι Weresh και συν (Weresh και συν 2000) αναφέρουν συχνότητα επιμένουσας ψευδάρθρωσης της τάξης του 53% σε 35 εβδομάδες, που προβάλλει τη μέθοδο της αλλαγής του ήλου ως πανάκεια για την αντιμετώπιση της ψευδάρθρωσης του μηριαίου. Σε μια σειρά 47% των ασθενών χρειάστηκαν μια επιπρόσθετη θεραπευτική ενέργεια, περιλαμβανομένων της ανοικτής εισαγωγής αυτολόγων μοσχευμάτων προκειμένου να επιτευχθεί πώρωση.

Μια προσπάθεια οφείλει να γίνει με στόχο την ανταλλαγή του υπάρχοντος υλικού με έναν ήλο που είναι μεγαλύτερο κατά διάμετρο (1 έως 2 χιλιοστά) και πιο άκαμπτο λόγω της αύξησης της διαμέτρου ή του πάχους των τοιχωμάτων του ή και των δύο. Ο μυελώδης αυλός διευρύνεται μέχρι ο παραγόμενος ήχος να έχει οστική απήχηση. Σκοπός αυτής της πρακτικής είναι η διεύρυνση του αυλού κατά 1 έως 1,5 χιλιοστά πάνω από την υπάρχουσα για το προϋπάρχον υλικό. Σε καταγματικά πρότυπα με αξονική σταθερότητα θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα κατά τρόπο δυναμικής ασφάλισης με την αξιοποίηση των οπών εισαγωγής ήλων δυναμικής ασφάλισης που υπάρχουν στους περισσότερους ήλους. Με την εξαίρεση της εμφάνισης ατροφικών αλλοιώσεων στα προεχειρητικά ακτινογραφήματα επικουρική εισαγωγή αυτολόγων οστικών μοσχευμάτων δε διενεργείται τουλάχιστον κατά την πρώτη προσπάθεια θεραπείας της ψευδάρθρωσης με αλλαγή του ήλου. Η ανοικτή εισαγωγή μοσχευμάτων παρόλα αυτά είναι αναγκαία σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μετά την αποτυχία της πρώτης. Παρόλο που οι συχνότερες θεραπευτικές πώρωσης είναι μικρότερη από την αναφερόμενη αρχικώς, η αλλαγή του ενδομυελικού ήλου για την αντιμετώπιση ψευδάρθρωσης μηριαίου επιτρέπει την γρήγορη φόρτιση και την απρόσκοπτη κινητικότητα των προσκειμένων αρθρώσεων, ενώ οι παραγόμενες συχνότητες πώρωσης είναι μεγαλύτερες από ότι είναι με λιγότερο επιθετικές τεχνικές όπως είναι η δυναμοποίηση του ήλου.

Ήλοι που προαπαιτούν διεύρυνση του μυελώδους αυλού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σωστική διαδικασία κατά την αντιμετώπιση ψευδάρθρων μετά συμπιεστική οστεοσύνθεση

καταγμάτων της μηριαίας διάφυσης (Wu και συν 1999). Μετά την αφαίρεση της πλάκας επιλέγεται ήλος ανάλογης διαμέτρου και εισάγεται στον μυελώδη αυλό με τον συνηθισμένο τρόπο. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την ακεραιότητα του εκ μαλακών μορίων φακέλου που περιβάλλει το κάταγμα μετά την αφαίρεση των υλικών με τρόπο ώστε να επιτρέπεται η τοπική εναπόθεση των προϊόντων της διεύρυνσης.

Τα αυτόλογο οστούν, τα αλλομοσχεύματα, το αναρρόφημα οστικού μυελού, οι οστικές μορφογενετικές πρωτεΐνες και συνακόλουθα οι συνδυασμοί αυτών μπορούν να εισαχθούν στην εστία της ψευδάρθρωσης ως μεμονωμένες διαδικασίες. Τα αποτελέσματα της άσηπτης ψευδάρθρωσης του μηριαίου που αντιμετωπίστηκαν με οστική μεταμόσχευση ως περιστασιακή και ανοικτή επέμβαση δεν έχει να επιδείξει καλύτερα αποτελέσματα από ότι η ανταλλαγή του ήλου αν και δεν υπάρχει εμπειρία από τη σύγκριση των δύο (Wu και Chen 1997). Πιο συχνά χρησιμοποιούνται ως επικουρικά στοιχεία μαζί με την ανταλλαγή του ήλου και τις διάφορες τεχνικές της οστεοσύνθεσης με πλάκα. Επιλέγουμε ένα από τα επικουρικά αυτά βοηθήματα προκειμένου για ασθενείς με επανειλημμένες α-νταλλαγές ενδομυελικών ήλων ή όταν χρησιμοποιείται η οστεοσύνθεση με πλάκα και δεν μπορεί να ασκηθεί επαρκής συμπίεση κατά την εστία της ψευδάρθρωσης.

Οι οστικές μορφογενετικές πρωτεΐνες (BMP)

έχουν μελετηθεί επαρκώς σε πειραματικά μοντέλα επί ζώων σε προοπτικού χαρακτήρα καλής τυχαιοποίησης μελέτες ως μέθοδος εκλογής αντιμετώπισης της απομεταλλωτικής ψευδάρθρωσης της κνημιαίας διάφυσης (Einhorn 2003, Friedlaender και συν 2001). Στη μια από τις δύο μελέτες (Friedlaender και συν 2001), επί ασθενών με ψευδάρθρωση της κνήμης τα αποτελέσματα έχουν τυχαίοποιηθεί για την χρήση ανασυνδυασμένης ανθρώπινης μορφογενετικής πρωτεΐνης (rhBMP-2) (Canadian Orthopaedic Trauma Society 2003) σε σύγκριση με αυτογενή οστικά μοσχεύματα ως επικουρική θεραπεία με ενδομυελική ήλωση. Η επάρκεια της rhBMP-2 αποδείχθηκε ότι ήταν παραπλήσια με τα αυτογενή οστικά μοσχεύματα της μελέτης (81% πώρωση με την rhBMP-2 έναντι 85% με μόσχευμα $P = 0.524$). Η FDA ενέκρινε μια ανθρωπινή μορφή εισαγωγής της rhBMP-2 ως επικουρικής θεραπείας σε ψευδαρθρώσεις κνήμης, όπου η χρήση αλλομοσχευμάτων δεν είναι δυνατή ενώ οι άλλες εναλλακτικές μορφές επικουρικής θεραπείας έχουν αποτύχει (Alt και συν 2007). Παρόλα αυτά η επάρκεια της θεραπείας δεν έχει επαρκώς μελετηθεί για το μηριαίο. Επιπλέον η εμφάνιση ακατέργαστου ογκώδους οστικού πύρου και τα δυναμικά επούλωσης που καταδείχθηκαν σε πειραματικά μοντέλα επί ζώων δεν έχουν επί του παρόντος αποδειχθεί τόσο εντυπωσιακά όσο κατά την αξιολόγηση της πώρωσης των καταγμάτων των μακρών οστών επί των ανθρώπων (Einhorn 2003, Friedlaender και συν 2001).

Βιβλιογραφία

1. Alt V, Meyer C, Litzlbauer HD, Schnettler R: Treatment of a Double Nonunion of the Femur by rhBMP-2. A case report. J Orthop Trauma 2007; 21: 734-737.
2. Canadian Orthopaedic Trauma Society: Nonunion following intramedullary nailing of the femur with and without reaming: Results of a multicenter randomized clinical trial. J Bone Joint Surg Am 2003; 85: 2093-2096.
3. Cove JA, Lhowe DW, Jupiter JB, Siliski JM: The management of femoral diaphyseal non-unions. Orthop Trauma 1997, 1: 513-520.
4. Einhorn TA: Clinical applications of recombinant human BMPs: Early experience and future development. J Bone Joint Surg Am 2003; 85(suppl 3): 82-88.
5. Friedlaender GE, Perry CR, Cole JD, et al: Osteogenic protein-1 (bone morphogenetic protein-7) in the treatment of tibial nonunions. J Bone Joint Surg Am 2001; 83(suppl 1 pt 2): S151-S158.
6. Furlong AJ, Giannoudis PV, DeBoer P, Matthews SJ, MacDonald DA, Smith RM: Exchange nailing for femoral shaft aseptic non-union. Injury 1999; 30:245-249.
7. Hak DJ, Lee SS, Goulet JA: Success of exchange reamed intramedullary nailing for

femoral shaft nonunion or delayed union. J Orthop Trauma 2000; 14: 178-182.

8. Kempf I, Grosse A, Rigaut P: The treatment of noninfected pseudarthrosis of the femur and tibia with locked intramedullary nailing. Clin Orthop Relat Res 1986; 212: 142-154.
9. Μπισχινιώτης Ι. Η επίδραση της διεύρυνσης του αυλού των μακρών οστών στην αιμάτωση και την πώρωση κατά τις ενδομυελικές ηλώσεις. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη 1998.
10. Μπισχινιώτης Ι, Μαλιόγκας Γ, Ασσάντης Β, Μπαλαμπανίδου Ε, Μικάλεφ Π: Καθυστερημένη πώρωση και ψευδάρθρωση επί καταγμάτων του μηριαίου. Προδιαθεσικοί παράγοντες και επιλογές θεραπευτικής αντιμετώπισης. Ορθοπαιδική, 2010, 25, 4: 23-37.
11. Weresh MJ, Hakanson R, Stover MD, Sims SH, Kellam JF, Bosse MJ: Failure of exchange reamed intramedullary nails for ununited femoral shaft fractures. J Orthop Trauma 2000; 14: 335-338.
12. Winkquist RA, Hansen ST, Clawson DK: Closed intramedullary nailing of femoral fractures: A report of five hundred and twenty cases. J Bone Joint Surg Am 1984; 66: 529-539.
13. Wolinsky PR, McCarty E, Shyr Y, Johnson K: Reamed intramedullary nailing of the femur: 551 cases. J Trauma 1999, 46: 392-399.
14. Wu CC, Shih CH: Effect of dynamization of a static interlocking nail on fracture healing. Can J Surg 1993, 36: 302-306.
15. Yokota H, Tanaka SM: Osteogenic potentials with joint-loading modality. J Bone Miner Me tab 2005; 23: 302-308.