

Οι επαναλαμβανόμενες εναλλαγές συμπίεσης-διάτασης στην πώρωση και πλήρωση οστικών ελλειμμάτων σε προβληματικά κατάγματα

Β. Ασάντης
Π. Μικάλεφ
Ε. Μπαλαμπανίδου
Ι.Στ. Μπισχινιώτης

Περίληψη

Σκοπός της παρουσίασης είναι ναδειχθεί ότι η αξιοποίηση της επαναλαμβανόμενης άσκησης εναλλασσόμενων κύκλων συμπίεσης και διάτασης προς ενίσχυση της οστεογένεσης, ωρίμανση του σχηματιζόμενου πώρου και έλεγχο εν τω βάθει λοίμωξης μπορεί να καταστεί επωφελής σε πλειάδα περιπτώσεων ασθενών και να εκκινήσει γρηγορότερα την επανορθωτική κλίμακα.

Ασθενείς και μέθοδος. Κατά την εικοσαετία 1987 - 2006 αντιμετωπίσαμε 21 ασθενείς - πολυτραυματίες με διάφορα κατάγματα του περιφερικού σκελετού. Επρόκειτο για 19 άνδρες και δύο γυναίκες, άτομα παραγωγικά, ηλικίας από 19 έως 52 έτη. Οι ασθενείς έφεραν κατάγματα του περιφερικού σκελετού των εξής ομάδων: τέσσερα συντριπτικά άνω τριτημορίου διάφυσης βραχιονίου, δύο κάτω τριτημορίου διάφυσης του αντιβραχίου, τέσσερα κατάγματα διάφυσης του μηριαίου, 10 κατάγματα κνήμης με οστικά ελλείμματα και μία πολυσυστηματική κάκωση γόνατος με κατάγματα κνήμης και μηριαίου, όπου χάριν ελέγχου γενικευμένης ή/και τοπικής λοίμωξης επελέγη η διενέργεια πρώιμης αρθροδεσίας γόνατος. Σε όλους τους ασθενείς υπήρχαν ήδη εφαρμοσμένα πλαίσια εξωτερικής οστεοσύνθεσης, τα οποία τροποποιήθηκαν προκειμένου να ασκηθούν κύκλοι εναλλασσόμενης διάτασης και συμπίεσης εβδομαδιαίας διάρκειας και της ίδιας έντασης και έκτασης.

Πανεπιστημιακό Γενικό
Νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ,
Θεσσαλονίκη.

Λέξεις ευρετηρίου: Κυκλικά επαναλαμβανόμενη διάταση και συμπίεση πώρου, Γυμναστική πώρου, Πλήρωση οστικών ελλειμμάτων.

Αποτελέσματα. Η τεχνική της εφαρμογής εναλλασσόμενων κύκλων συμπίεσης - διάτασης κατέστη δυνατό να πετύχει του σκοπού της σε χρόνο που κυμάνθηκε από 10 έως 15 εβδομάδες σε όλους τους ασθενείς, με εξαίρεση τους ασθενείς με ψευδάρθρωση στο αντιβράχιο όπου η επιτυχία της ήταν μερική επί του ενός ασθενούς και απέτυχε στον άλλον.

Συμπεράσματα. Ενώ η ευόδωση των οστεογενετικών διεργασιών και το θεωρητικό τους υπόβαθρο ήταν γνωστό από παλιά η εφαρμογή τους στην κλινική πράξη είναι σχετικώς νέα. Η πρόνοια για ενδεχόμενη εφαρμογή της μεθόδου σε μεγάλη σειρά κακώσεων πρέπει να τίθεται πάντοτε υπόψη των ασχολουμένων.

Εισαγωγή

Η άσκηση ταυτόχρονης συμπίεσης και διάτασης για την επίτευξη πρωτογενούς πώρου είναι γνωστή ήδη από τις εργασίες του Panjabi (Panjabi et al 1979), του Wolf (Wolf et al 1981) και των Blatter και Weber (Blatter, Weber 1990). Σε μεγάλο βαθμό το βιολογικό υπόβαθρο αυτού του φαινομένου έχει μελετηθεί όσον αφορά στην έκλυση των VEGF (αγγειακών ενδοθηλιακών αυξητικών παραγόντων) και της ενδοστατικής (Pufe και συν 2005) κατά την εφαρμογή κύκλων συμπίεσης και διάτασης επί των οστών αλλά και επί των μαλακών μορίων (Challis και συν 2006). Η παρατήρηση έτυχε πειραματικής επιβεβαίωσης με δύο πρότυπα (Matsushita και Kurokawa 1998, Hente et al 2004, Gardner et al 2006). Τελευταίως, πυκνώνουν οι κλινικές αναφορές για την αξιοποίηση του φαινομένου. Σκοπός της παρακάτω μελέτης είναι να καταδείξει τη δική μας εμπειρία και επί της κλινικής εφαρμογής της επαναλαμβανόμενης άσκησης εναλλασσόμενων κύκλων συμπίεσης και διάτασης προς ενίσχυση της οστεογένεσης και της ιστικής σταθεροποίησης προς έλεγχο τοπικών λοιμώξεων κατά τη θεραπεία της σηπτικής ψευδάρθρωσης κατά χώρας. Η μέθοδος μπορεί να καταστεί επωφελής σε πλειάδα κλινικών περιπτώσεων και να επισπεύσει την είσοδο στην επανορθωτική κλίμακα.

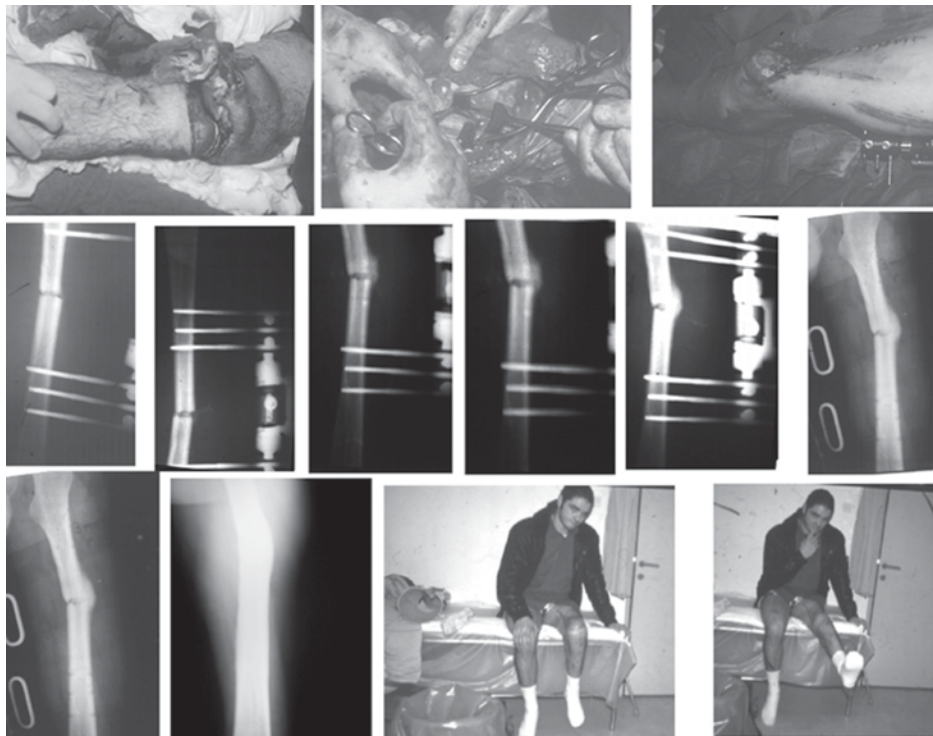
Ασθενείς και μέθοδος

Κατά την εικοσαετία 1987 -2006 αντιμετωπίσαμε 21 ασθενείς - πολυτραυματίες με διάφορα κατάγματα του περιφερικού σκελετού. Επρόκειτο για 19 άνδρες και δύο γυναίκες, άτομα παραγωγικά, ηλικίας από 19 έως 52 έτη. Οι ασθενείς έφεραν κατάγματα του περιφερικού σκελετού που ενέπιπταν στις εξής ομάδες: τέσσερα συντριπτικά άνω τριτημορίου διάφυσης βραχιονίου (1.2.C.3.3), δύο κάτω τριτημορίου διάφυσης του αντιβραχίου (2.2.C.3.3), πέντε κατάγματα διάφυσης του μηριαίου (3.2.C.3.3), εννέα κατάγματα κνήμης με οστικά ελλείμματα και μία πολυσυστηματική κάκωση γόνατος με ενδοαρθρικά κατάγματα της κνήμης και του μηριαίου, όπου χάριν ελέγχου γενικευμένης και τοπικής λοίμωξης επελέγη η διενέργεια πρώιμης αρθροδεσίας.

Σε όλους τους ασθενείς υπήρχαν ήδη εφαρμοσμένα πλαίσια εξωτερικής οστεοσύνθεσης που είχαν επιλεγεί ως μέθοδος αρχικής αντιμετώπισης, κυρίως λόγω εκτεταμένων βλαβών των μαλακών μορίων και μάλιστα απογανωτικού τύπου ή/και της ύπαρξης τελικής αγγειακής βλάβης που έτυχε επιτυχούς επαναιμάτωσης. Στις περιπτώσεις που λόγω των τοπικών συνθηκών προσφύγαμε στη μέθοδο της κυκλικής εφαρμογής διάτασης και συμπίεσης στην εστία της υπό αντιμετώπιση καθυστερημένης πώρωσης, τροποποιήσαμε τα πλαίσια και σε μερικές περιπτώσεις ασθενών και τις θέσεις εισόδου των βελόνων. Οι κύκλοι εναλλασσόμενης διάτασης και συμπίεσης ήταν εβδομαδιαίας διάρκειας και της ίδιας έντασης. Η επιλογή του χρονικού ορίου της μιας εβδομάδας είχε σχέση μόνο με τη δυνατότητα του νοσοκομείου να φιλοξενήσει ένα Τακτικό Ιατρείο Ορθοπαιδικής και την αντίληψή μας για την όσο το δυνατό στενή παρακολούθηση του φαινομένου.

Ανάλυση των ασθενών της σειράς κατά χώρες:

1. Ασθενείς με ανοικτά κατάγματα της διάφυσης του μηριαίου. Πρόκειται για τέσσερις ασθενείς με συντριπτικά κατάγματα διάφυσης μηριαίου και απογανωτική βλάβη των μαλακών

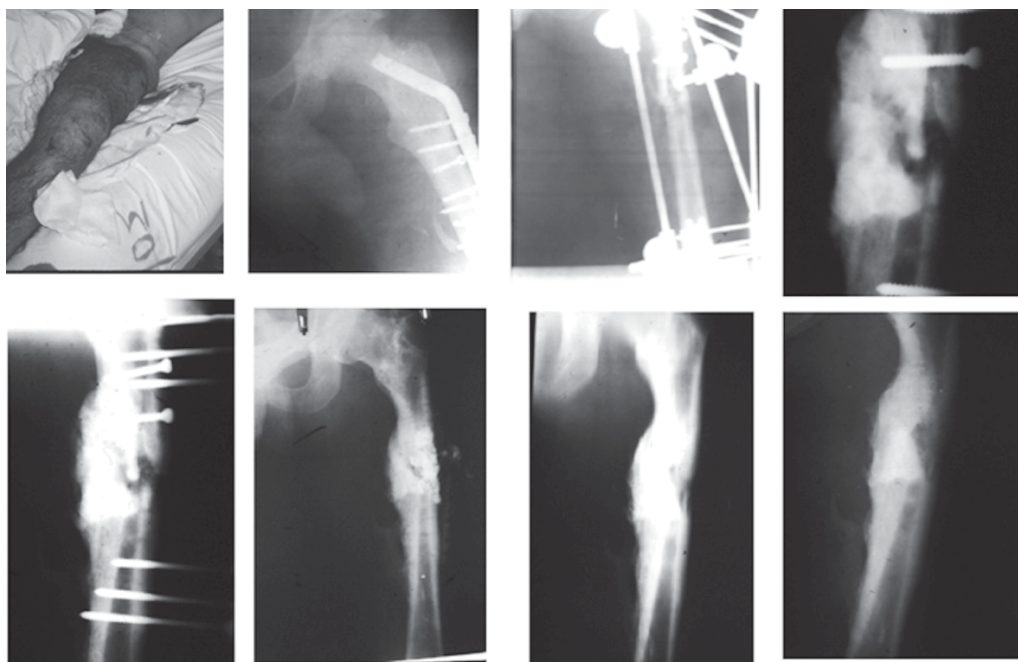


Εικόνα 1. - Ασθενής με κάταγμα μηριαίου, εκτεταμένες αποκολλήσεις των μαλακών μορίων και ρήξη της επιπολής μηριαίας αρτηρίας - άσκηση επαναλαμβανόμενων κύκλων διάτασης και συμπίεσης επί απειλούμενης ψευδάρθρωσης.

μορίων, από τους οποίους ένας μόνο έφερε βλάβη τελικής αρτηρίας, δηλαδή της επιπολής μηριαίας αρτηρίας. Η έκταση των αποκολλήσεων των μαλακών μορίων και τα προβλήματα που ακολούθησαν, αλλά και οι οργανωτικές αδυναμίες του Νοσοκομείου μας κατέστησαν επιβεβλημένη τη μέχρι τέλους διατήρηση του πλαισίου εξωτερικής οστεοσύνθεσης και στους τέσσερις ασθενείς αυτής της υποομάδας. Επειδή κατά τα ενδιάμεσα στάδια της πώρωσης των καταγμάτων η πιθανότητα αναστολής της ήταν εμφανής, επελέγη η μέθοδος άσκησης αξονικών εναλλασσόμενων διατάσεων και συμπίεσεων επί του σχηματιζόμενου πώρου (εικ. 1). Ο ένας από τους ασθενείς με ανοικτό κάταγμα του άνω τριτημορίου της μηριαίας διάφυσης με εκτεταμένες αποκολλήσεις μαλακών μορίων, μετά διενέργεια συμπιεστικής οστεοσύνθεσης παρουσίασε ακτινολογικά και κλινικά σημεία εν τω βάθει λοίμωξης. Αφαιρέθηκαν τα υλικά και ακολούθησε εφαρμογή πλαγίου πολυδιάστατου πλαισίου, δια του οποίου ασκήθηκε εναλλασσόμενη συμπίεση και διάταση (εικ. 2). Άλλη ασθενής γυναίκα πολυτραυματίας με συντριπτικό κάταγμα

μηριαίας διάφυσης και προηγηθείσα προσπάθεια ενδομυελικής ήλωσης αντιμετωπίστηκε με εξωτερική οστεοσύνθεση μηριαίου. Η πώρωση ολοκληρώθηκε με άσκηση επαναλαμβανόμενων κύκλων διάτασης και συμπίεσης (εικ. 3).

2. Ασθενείς με ανοικτά κατάγματα της διάφυσης της κνήμης. Πρόκειται για δέκα ασθενείς με πολυμορφία καταστάσεων που οδήγησε στην ανάγκη εφαρμογής της μεθόδου. Όλοι οι ασθενείς αυτής της ομάδας έφεραν συντριπτικά κατάγματα με εκτεταμένες αποκολλήσεις των μαλακών μορίων και απώλεια οστού σε άλλοτε άλλη έκταση. Δύο, όμως, μόνο από τους ασθενείς αυτούς έφεραν κακώσεις τελικών αγγείων, ενώ η αγγειακή βλάβη αφορούσε σε επίπεδο πάνω από το επίπεδο των καταγμάτων της κνήμης. Στο επίπεδο του μηριαίου και του γόνατος υπήρχαν άλλες κακώσεις, όπως κατάγματα των μηριαίων κονδύλων στον έναν και υποτροχαντήριο κάταγμα στον άλλον. Είναι αξιοσημείωτο ότι μετά την επιτυχημένη επαναιμάτωση και τη μέριμνα για την αποτροπή διαμερισματικών συνδρόμων, τα κατάγματα αυτά είχαν χαρακτηριστικά κακώσεων ΠΙΒ2, δηλαδή κακώσεων με αδύ-



Εικόνα 2. – Σηπτική ψευδάρθρωση επί ανοικτού συντριπτικού κατάγματος του άνω τριτημορίου της μηριαίας διάφυσης. Αντιμετώπιση με αφαίρεση των υλικών και άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.



Εικόνα 3.

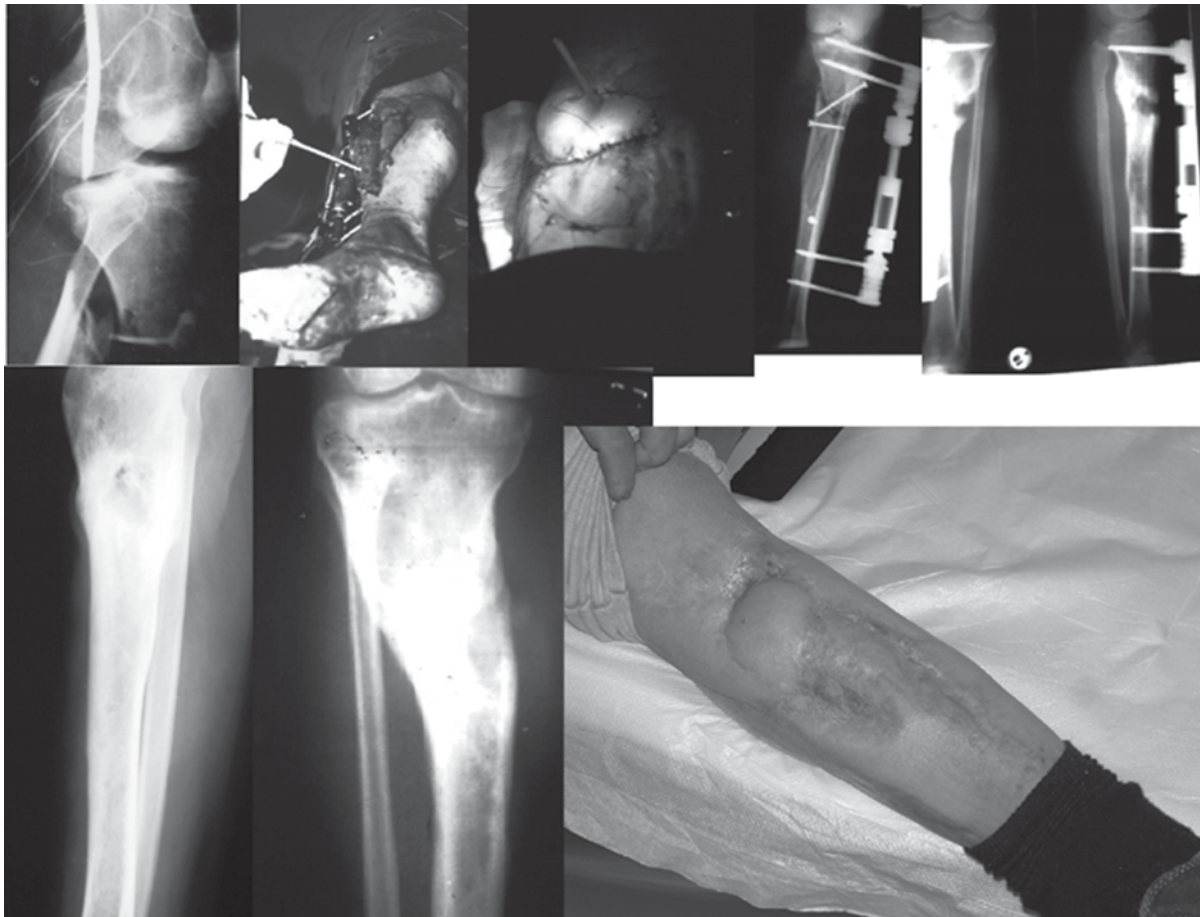
Πολυτραυματίας με συντριπτικό κάταγμα μηριαίας διάφυσης και προηγηθείσα προσπάθεια ενδομυελικής ήλωσης.

Ολοκλήρωση της πάρωσης με άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.

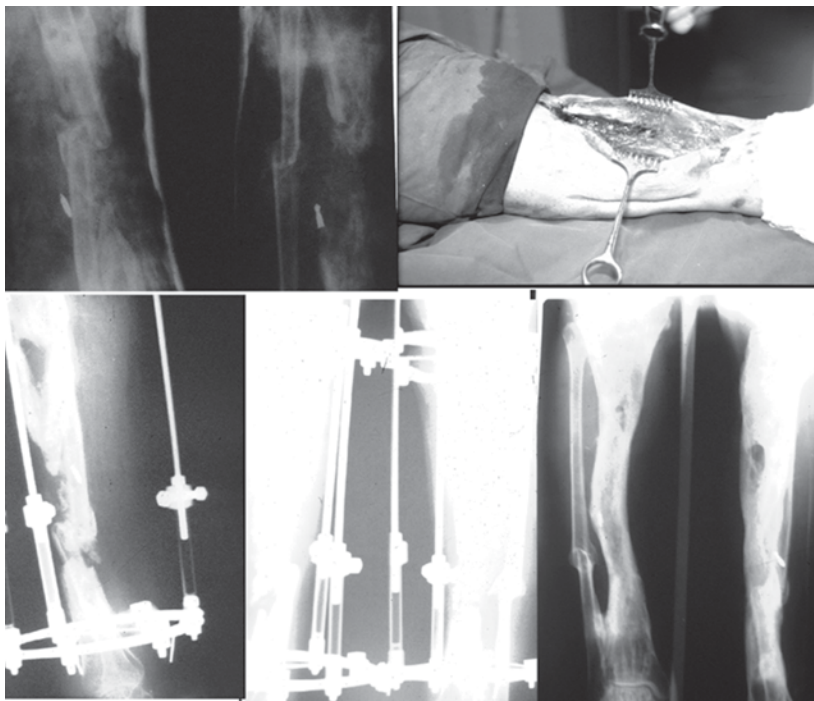
νατο το ενδεχόμενο πρώιμης ανάληψης επανορθωτικών ενεργειών (εικ. 4). Η τοπική και η γενική κατάσταση των ασθενών αποθάρρυνε την επιλογή της μεταφοράς αγγειούμενων απομακρυσμένων κρημνών. Τόσο στους ασθενείς με προβλήματα πλήρωσης ελλειμμάτων μαλακών μορίων όσο και στους άλλους, που αυτά ήταν μικρότερα, τα κατάγματα αντιμετωπίστηκαν μέχρι τη διασφάλιση βιώσιμης κοίτης εκ μαλακών μορίων και η διαδικασία των εναλλασσόμενων διατάσεων και συμπίεσεων στην εστία του κατάγματος επελέγη πρώιμως προκειμένου να πληρωθεί το οστικό έλλειμμα ή/και να αποφευχθεί η ανάπτυξη ψευδάρθρωσης (εικ. 5). Η επιλογή άλλης εναλλακτικής μεθόδου ήταν πολύ δύσκολη τόσο για λόγους τοπικής κατάστασης των ιστών όσο και για οργανωτικούς λόγους. Επί ενός ασθενούς ηλικίας 29 ετών, εκτός από τα πολλαπλά κατάγματα σε διάφορα επίπεδα στο κάτω

άκρο, παρατηρήθηκε κατάσταση γενικευμένης σηπτικής καταπληξίας και γενικευμένης φλεγμονώδους αντίδρασης (SIRS). Τη φάση της σηψαιμίας ακολούθησε πολυεστιακή μετατραυματική οστεομυελίτιδα. Η λοίμωξη αυτή μάλιστα κατάληξε σε πανδιαφυσίτιδα της κνήμης και απολυματοποίηση της άνω και κάτω επίφυσης και της άνω μετάφυσης της κνήμης (εικ. 6).

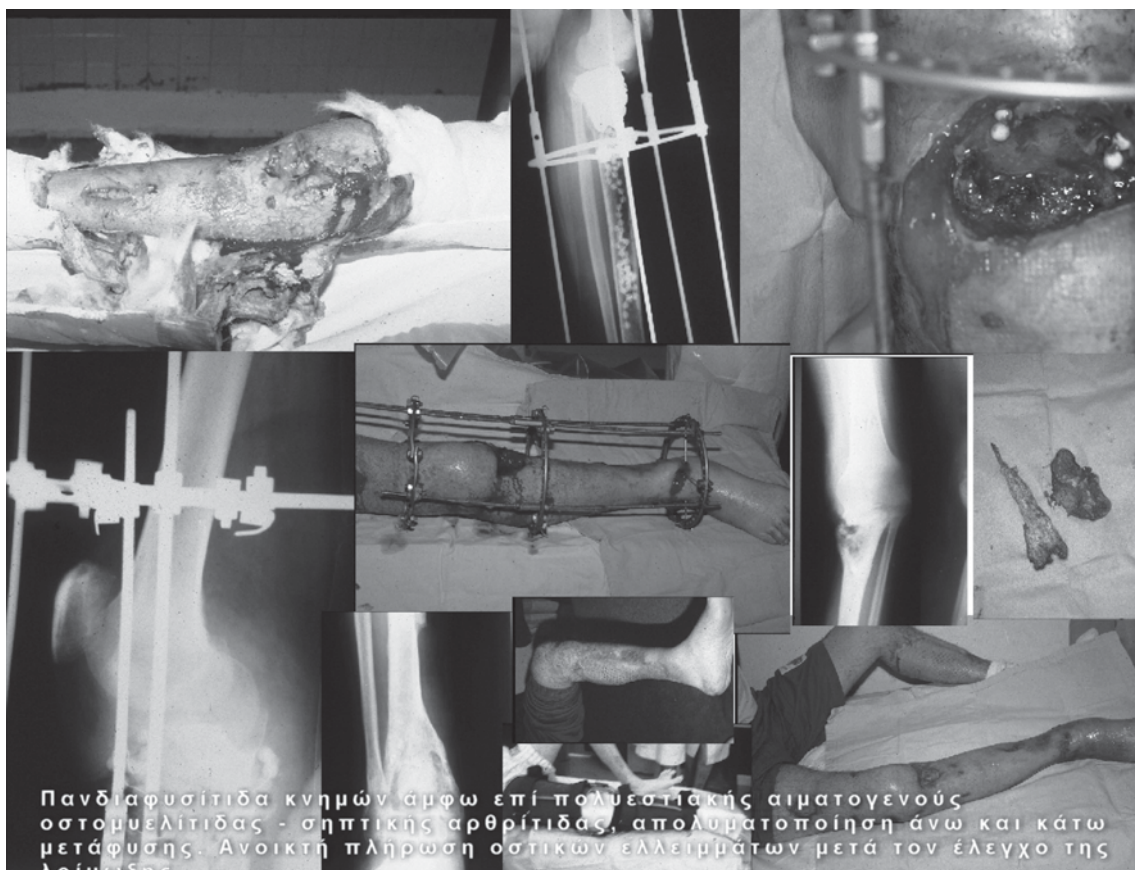
3. Ασθενής με σύνθετη κάκωση του γόνατος και πυώδη μετατραυματική μηνιγγίτιδα λόγω βαριάς ανοικτής κρανιοεγκεφαλικής κάκωσης μετά κατάγματος της βάσης του κρανίου. Στη φάση της σηψαιμίας που ακολούθησε και παρά την εξωτερική συγκράτηση των στοιχείων της κατά γόνυ άρθρωσης με διαρθρικό πλαίσιο στο μηριαίο και την κνήμη, παρατηρήθηκε σηπτική αρθρίτιδα γόνατος. Επελέγη η πρώιμη αρθροδεσία, η πώρωση της οποίας εξασφαλίστηκε με εναλλασσόμενη



Εικόνα 4. - Κάταγμα της άνω μετάφυσης της κνήμης με ρήξη της ιγννακικής αρτηρίας. Μετάπτωση σε κάκωση ΠΙΒ2 και αντιμετώπιση με στρεφόμενο κρημνό σε δεύτερο χρόνο. Η σηπτική ψευδάρθρωση και η οστεομυελιτική κοιλότητα αντιμετωπίστηκαν με άσκηση επαναλαμβανόμενων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.



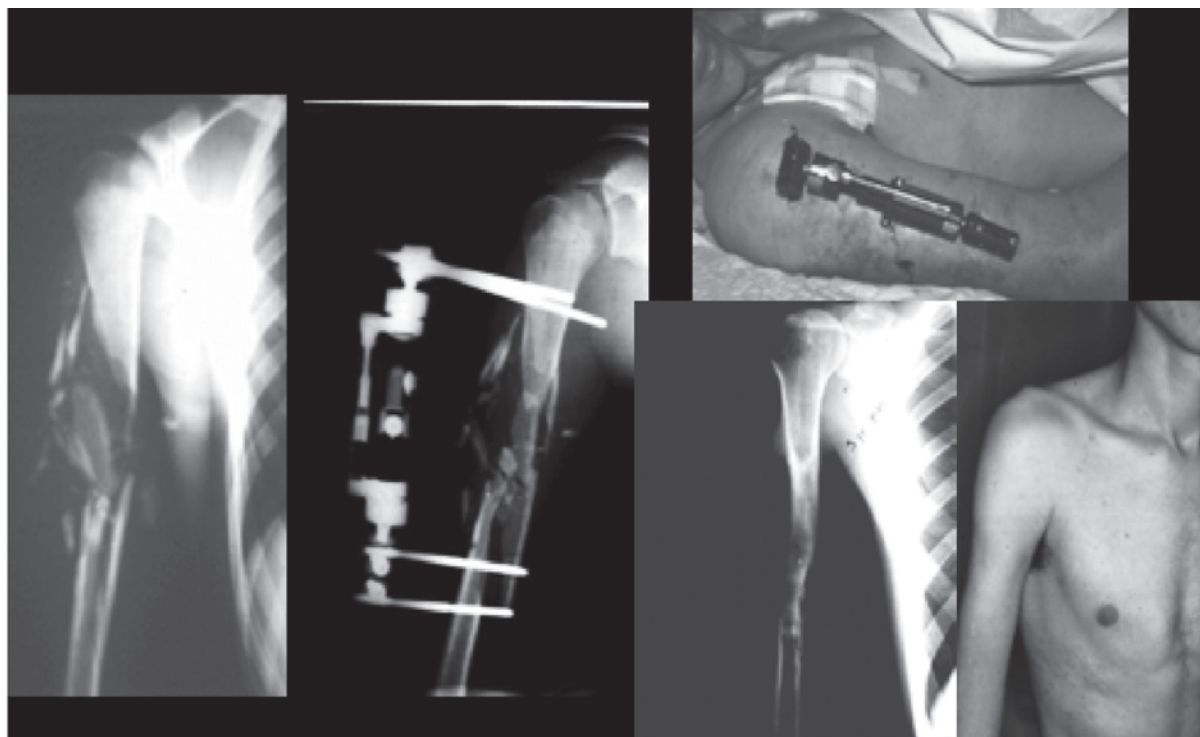
Εικόνα 5. – Οστικό έλλειμμα και λοίμωξη επί συντριπτικού κατάγματος της κνήμης με απώλεια οστικής ουσίας. Αντικατάσταση της αρθρικής μονοεπίπεδης εξωτερικής οστεοσύνθεσης με συσκευή Ilizarov, πλήρωση του κενού με αυτόλογα οστικά μοσχεύματα και άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης μέχρι την επίτευξη πώρωσης.



Εικόνα 6. – Πανδιαφυσίτιδα και κατάγματα της κνήμης επί παρατεταμένης σηπτικής καταπληξίας. Απολυματοποίηση μεγάλων τμημάτων της διάφυσης, μετάφυσης και άνω και κάτω επίφυσης της κνήμης. Πλήρωση των οστικών ελλειμμάτων με άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.



Εικόνα 7. – Σύνθετο εξάρθρωμα γόνατος και σηπτική αρθρίτιδα επί σηψαιμίας λόγω μετα-τραυματικής μηνιγγίτιδας ως επιπλοκή κατάγματος της βάσης του κρανίου. Αντιμετώπιση του εξαρθήματος με πρώιμη αρθροδεσία, η πώρωση της οποίας διασφαλίστηκε με άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.



Εικόνα 8. – Τραύμα από πολεμικό πυροβόλο όπλο με συντριπτικό κάταγμα της διάφυσης του βραχιονίου και οστικά ελλείμματα. Ολοκλήρωση της πώρωσης με άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.



Εικόνα 9. – Απογαντωτική κάκωση του αριστερού βραχιονίου με ανοικτό κατάγμα και απογύμνωση του οστού σε μεγάλη έκταση. Μετά αποκατάσταση της ακεραιότητας των μαλακών μορίων διασφάλιση της πώρωσης με άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.

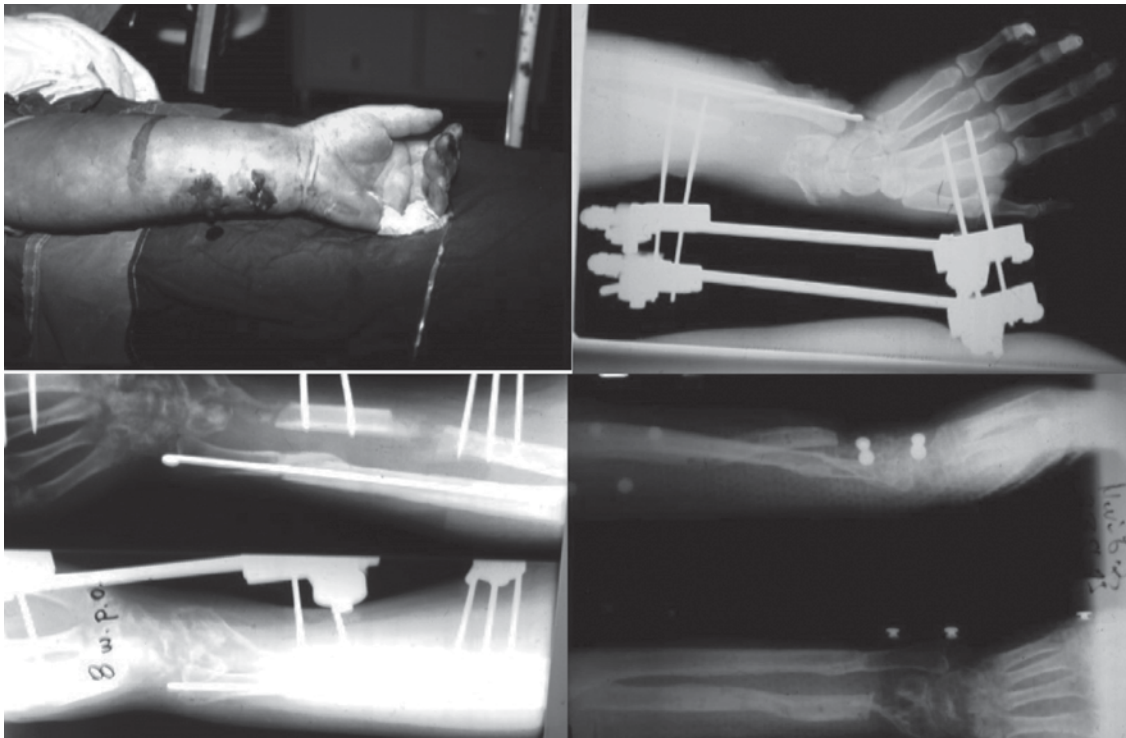
εφαρμογή διάτασης και συμπίεσης στην εστία της μετά αφαίρεση των απολυματοποιηθέντων οστικών και αρθρικών στοιχείων. Το διαρθρικό πλαίσιο που εφαρμόστηκε αρχικώς μετατράπηκε σε διαρθρικό κυκλικό πλαίσιο μέσω του οποίου ολοκληρώθηκε η διαδικασία των κυκλικών εναλλαγών συμπίεσης και διάτασης (εικ. 7).

4. Ασθενείς με κατάγματα της διάφυσης του βραχιονίου. Πρόκειται για τέσσερις ασθενείς, δύο από τους οποίους έφεραν τραύματα από πυροβόλα όπλα και συντριπτικά κατάγματα της διάφυσης και της άνω μετάφυσης του βραχιονίου (εικ. 8). Οι άλλοι δύο έφεραν απογαντωτικές κακώσεις του βραχίονα με κατάγματα του βραχιονίου οστού και απογύμνωσή του σε μεγάλη έκταση χωρίς να υπάρχει βλάβη σε τελική αρτηρία (εικ. 9). Σε όλους τους ασθενείς αυτής της υποομάδας επελέγη πρώιμως η κυκλική εναλλαγή συμπίεσης και διάτασης για την αντιμετώπιση πιθανών οστικών ελλειμμάτων. Η όλη διαδικασία προχωρούσε παράλληλα προς την αντιμετώπιση των ελλειμμάτων των μαλακών μορίων με εναλλασσόμενη άσκηση διάτασης και συμπίεσης στην εστία της πιθανής ψευδάρθρωσης δια μέσου του ήδη εφαρ-

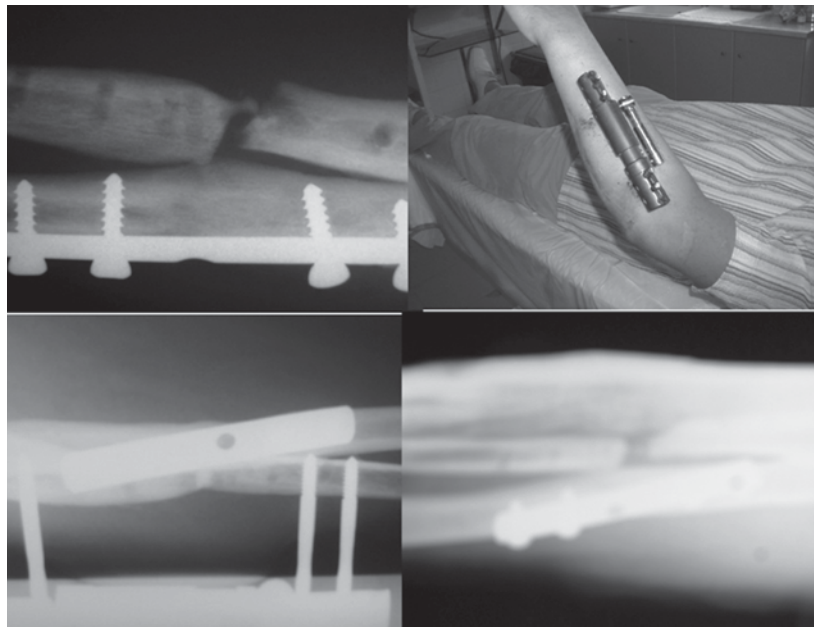
μοσμένου πλαισίου εξωτερικής οστεοσύνθεσης του βραχιονίου.

5. Ασθενής με οστικά ελλείμματα και ασθενής με ψευδάρθρωση των οστών του αντιβραχίου.

Πρόκειται για έναν ασθενή με ανοικτή κάκωση του αντιβραχίου με κατάγματα των οστών σε πολλαπλά επίπεδα και μεγάλο οστικό έλλειμμα από την κάτω επίφυση, μετάφυση και διάφυση της κερκίδας. Μετά την αντιμετώπιση των τραυμάτων επετεύχθη διατήρηση του οστικού μήκους με συσκευή εξωτερικής οστεοσύνθεσης αντιβραχίου. Μετά την αντιμετώπιση όλων των τοπικών και γενικών προβλημάτων έγινε προσπάθεια κάλυψης του οστικού ελλείμματος με οστεομεταφορά μοσχεύματος από την προσκείμενη στο έλλειμμα μοίρα της διάφυσης της κερκίδας (εικ. 10). Ο άλλος ασθενής, ηλικίας κατά τον τραυματισμό του σε τροχαίο ατύχημα 48 ετών, μετά από συμπιεστική οστεοσύνθεση των καταγμάτων αμφοτέρων των οστών του αντιβραχίου με ταυτόχρονη παρουσία εγκαυμάτων τριβής τόσο κατά το μεγαλύτερο μέρος της εκτατικής επιφάνειας όσο και του κερκιδικού χείλους, ανέπτυξε ψευδάρθρωση της ωλένης. Ο ίδιος ασθενής έφερε βαριά θωρακοκοιλιακή κάκωση με τραυματική δι-



Εικόνα 10. – Απογανωτική κάκωση του αριστερού αντιβραχίου με συντριπτικό κάταγμα της επίφυσης, της κάτω μετάφυσης και του κάτω τριτημορίου της διάφυσης της κερκίδας και βραχύ λοξό κάταγμα της ωλένης. Αντιμετώπιση των τραυμάτων, διατήρηση του μήκους με συσκευή εξωτερικής οστεοσύνθεσης και του κατάγματος της ωλένης με ενδομενελική ήλωση Rush. Κάλυψη του οστικού κενού της κερκίδας με ολισθαίνον οστικό μόσχευμα και σταθεροποίηση του καρπού με βράχυνση της ωλένης και αρθροδεσία της κάτω κερκιδωλενικής και επικέντρωση του καρπού (Sauné- Karandji).



Εικόνα 11. – Αποτυχημένη αντιμετώπιση ψευδάρθρωσης της διάφυσης της ωλένης μετά αφαίρεση των υλικών και εφαρμογή πλαισίου εξωτερικής οστεοσύνθεσης προς άσκηση επαναλαμβανομένων κύκλων διάτασης και συμπίεσης.

αφραγματοκήλη αλλά και εκτεταμένες συμφύσεις των οργάνων της περιτοναϊκής κοιλότητας, απότοκες παλιάς φυματιώδους περιτονίτιδας. Μετά την αφαίρεση των υλικών οστεοσύνθεσης από την ωλένη εφαρμόστηκε μονοδιάστατο πλαίσιο εξωτερικής οστεοσύνθεσης και επιχειρήθηκε γυμναστική του ινώδους πώρου χωρίς όμως τα αναμενόμενα αποτελέσματα (εικ. 11).

Αποτελέσματα

Η διαδικασία των εναλλασσόμενων κύκλων συμπίεσης και διάτασης ήταν επιτυχής στην επίτευξη των θεραπευτικών στόχων και στους τέσσερις ασθενείς με κατάγματα της μηριαίας διάφυσης. Στον έναν από τους ασθενείς, μάλιστα, επετεύχθη και ο έλεγχος της εν τω βάθει λοίμωξης μαζί με τη συστηματική χορήγηση αντιβιοτικών.

Σε όλους τους ασθενείς με προβλήματα πώρωσης σε σύνθετα κατάγματα της κνήμης η κυκλική εφαρμογή συμπιεστικών και διατατικών δυνάμεων ήταν αποτελεσματική στην ολοκλήρωση της πώρωσης. Σε έναν ασθενή με κάταγμα της άνω μετάφυσης και εν τω βάθει λοίμωξη η διαδικασία αυτή κατέληξε στον έλεγχο της λοίμωξης. Στον ασθενή με πανδιαφυσίτιδα και απολυματοποίηση μεγάλου μέρους του κνημιαίου οστού, η διαδικασία κατέληξε σε πλήρωση των οστικών κενών με νεόπλαστο οστίτη ιστό. Σημειώνουμε ότι η οστική αναγέννηση αφορούσε σε περιοχή υπερίσχυσης του σπογγώδους οστού των μεταφύσεων. Όπως είναι φυσικό δεν αναπλάστηκε η νεκρωμένη περικεχονδρωμένη επιφάνεια του κνημιαίου plateau. Η αναπλήρωση του οστικού κενού προετοίμασε το υπόβαθρο των επόμενων επανορθωτικών επεμβάσεων.

Η πρώτη αρθροδεσία του γόνατος επί ασθενούς με σηπτική αρθρίτιδα ευνοήθηκε στα στάδια ολοκλήρωσης της πώρωσης. Η εφαρμογή εναλλασσόμενων κύκλων διάτασης και συμπίεσης διευκολύνθηκε όσον αφορά στην ομότιμη εφαρμογή της από την αλλαγή του αξονικού πλαισίου (Orthofix) σε κυκλικό οστεοσυνθέτη (Ilizarov). Ευοδωτικό ρόλο διαδραμάτισε, επίσης, και ο λιγότερο παρεμβατικός τρόπος εφαρμογής του πλαισίου δια των βελονών Kirschner της οστεο-

σύνθεσης Ilizarov και η μεγαλύτερη ελαστικότητα στην περιοχή της αρθροδεσίας.

Όσον αφορά στην επιλογή της μεθόδου για την αντιμετώπιση προβληματικών καταγμάτων της διάφυσης του βραχιονίου, τα οστικά κενά καλύφθηκαν κατά την αρχική φάση της θεραπείας παράλληλα προς την αντιμετώπιση των ελλειμμάτων των μαλακών μορίων. Η άσκηση εναλλασσόμενης διάτασης και συμπίεσης στην εστία της πιθανής ψευδάρθρωσης αρκούσε δια μέσου του ήδη εφαρμοσμένου πλαισίου εξωτερικής οστεοσύνθεσης του βραχιονίου και κατέληξε σε δημιουργία ασφαλούς πώρου και στην απρόσκοπτη ολοκλήρωση των επανορθωτικών επεμβάσεων: χειρουργική διερεύνηση και αποκατάσταση του βραχιονίου πλέγματος σε έναν ασθενή, νευρόλυση του κερκιδικού νεύρου μετά την αποκατάσταση των ελλειμμάτων των μαλακών μορίων σε άλλον και απρόσκοπτη εφαρμογή της συντηρητικής υποστηρικτικής θεραπείας στους άλλους δύο.

Πιο προβληματική, όπως αναμενόταν, ήταν η εφαρμογή της μεθόδου για την αντιμετώπιση οστικών ελλειμμάτων και ψευδάρθρωσης στο αντιβράχιο. Επί του ασθενούς με μεγάλο οστικό έλλειμμα της κάτω μετάφυσης και του κάτω τριτημορίου της διάφυσης της κερκίδας, η μεταφορά του ολισθαίνοντος μοσχεύματος κάλυψε το έλλειμμα, απέτυχε όμως να παρακολουθήσει το κερκιδικό τόξο και να προσαράξει στην συντριβείσα αλλά εν πωρώσει κάτω επίφυση της κερκίδας. Έγινε έτσι εμφανής η αποδιοργάνωση της κάτω κερκιδωλενικής και ο ασθενής στη συνέχεια αντιμετώπιστηκε με επικέντρωση του καρπού με αρθροδεσία της κάτω κερκιδωλενικής και βράχυνση της ωλένης (Sauvé-Karandji) με άριστα αποτελέσματα. Στον ασθενή με τη μεμονωμένη ψευδάρθρωση της ωλένης, παρά την αρχική εμφάνιση ιχνών πώρου γεφύρωσης του χάσματος, η διεργασία σταμάτησε και η ψευδάρθρωση αντιμετωπίστηκε με άλλον τρόπο.

Συζήτηση

Η διατατική οστεογένεση αποτελεί μερικό φαινόμενο της διατατικής ιστογένεσης αλλά ταυτοχρόνως και κλινικώς πιο αποδοτικό φαινό-

μενο εξαιτίας της διατήρησης του μεγαλύτερου μέρους του εμβρυικού δυναμισμού του οστίτη ιστού σε όλη τη διάρκεια της ζωής (Cheal et al 1985, A.S.A.M.I. 1991). Ο συνδυασμός οστικής διάταξης και συμπίεσης αποτελεί, ίσως, μέρος των φαινομένων που συναπαρτίζουν την αντίδραση των οστών στις μηχανικές επιδράσεις και έχει τύχει ενδιαφέροντος ταυτοχρόνως σχεδόν με τη διατακτική οστεογένεση τόσο σε πειραματικές συνθήκες όσο και στην κλινική πράξη (Blatter και Weber 1990, Mc Duffee et al 2000, Inan et al 2005). Όλες οι γνωστές εξεργασίες που ευνοούν το φαινόμενο της πώρωσης προϋποθέτουν την παρουσία μικροκινήσεων στις προς άλληλες συναρμοσμένες καταγματικές επιφάνειες (Charnley 1974). Οι μικροκινήσεις αυτές, αν και απαραίτητες και ορίζουσες την επάρκεια ή τα χαρακτηριστικά των μεθόδων, είναι τυχαίες. Η προγραμματισμένη κατά χρόνο και κατεύθυνση εκμετάλλευση των κινήσεων ορίζει τη διαδικασία που περιγράφουμε. Η στήριξη θεραπευτικών και επανορθωτικών ενεργειών στην ιδιότητα αυτή της έμβιας ύλης μελετήθηκε επαρκώς με τις εργασίες του G. A. Ilizarov και της Σχολής που δημιούργησε. Φαινομενικώς οι αρχές αυτές αντιστρατεύονται τις αρχές της συμπίεστικής οστεοσύνθεσης που θεμελιώθηκαν από τον Denis το 1949 (Bagby 1977) και δικαιώθηκαν από την υιοθέτησή τους από τη Σχολή της ΑΟ τουλάχιστον κατά τις πρώτες δεκαετίες της δραστηριότητάς της. Η μελέτη του συνδυασμού των δύο αυτών αντιτιθέμενων αλληλεπιδράσεων επί νεοσχηματιζομένου οστού είναι νεότερη.

Η προσπάθεια για την αναζήτηση πιο συμβατών βιολογικώς μεθόδων αντιμετώπισης των καταγμάτων ανέδειξε τη σημασία της εναλλασσόμενης άσκησης διάταξης και συμπίεσης στην εστία των αναγεννητικών φαινομένων κατά την τελευταία δεκαεπενταετία (Stahl 1993). Όλες οι μορφές αντιμετώπισης των καταγμάτων περιλαμβάνουν ως κύριο συστατικό την επίδραση μηχανικών παραγόντων από το περιβάλλον. Οι παράγοντες αυτοί είναι φυσικοί: βαρύτητα, μυϊκή σύσπαση, και θεραπευτικοί περιλαμβανομένων της τροποποίησης της μυϊκής δράσης με τις διάφορες μεθόδους συντηρητικής ή χειρουργικής θεραπείας ή επενέργεια εσωτερικών ή εξωτερικών δυνάμε-

ων. Η οστεογένεση που παρατηρήθηκε κατά την κυκλική εναλλαγή αντιθέτου φοράς δυνάμεων, από παλιά συσχετίστηκε με την ισχαιμία στην περιοχή του πώρου και φαίνεται ότι εξυπηρετείται από αυτοκρινείς αυξητικούς παράγοντες (Scott et al 2004, Rufe και συν 2005) που διεγείρουν τις αναγεννητικές εξεργασίες όχι μόνο στον οστίτη ιστό (Stokes et al 2006, Spencer et al 2006). Η σύνδεση ενίσχυσης των οστεογενετικών εξεργασιών με την τοπική και γενικευμένη υπερκαπνία ήταν άλλωστε γνωστή στην κλινική πράξη με τη μορφή της υπερκαπνικής οστεοαρθροπάθειας και της πληκτροδακτυλίας των αναπνευστικών ασθενών.

Στους δικούς μας ασθενείς η επιτυχία της μεθόδου ήταν απόλυτη, όχι μόνον σε ότι αφορά στην αντιμετώπιση προβλημάτων πώρωσης των μακρών οστών όπως είναι το μηριαίο και η κνήμη (ανεξαρτήτως της μηχανικής συμπεριφοράς της ακεραίας περόνης) (Gunzburg et al 1991, Dendrinis et al 2004), αλλά και πλήρωσης μεταφυσιακών και επιφυσιακών ελλειμμάτων (Baumgart et al 2005, Kabata et al 2005). Πετύχαμε επίσης τον έλεγχο της λοίμωξης σε σηπτικές ψευδαρθρώσεις (Dendrinis 2004). Η σχετική αποτυχία και η αποτυχία μας στο αντιβράχιο έχει πιθανώς σχέση με την αδυναμία των μεθόδων μας να ακολουθήσουν την ανασύσταση του κερκιδικού τόξου και την αποτρεπτική δράση που ασκεί η ακεραιότητα του μεσόστεου υμένα (Hotchkiss et al 1989).

Οι παρατηρήσεις αυτές μαζί με την αξιοποίηση των νεότερων μεθόδων για το χειρισμό των προβλημάτων των μαλακών μορίων είναι προφανές ότι επηρεάζουν την ιεράρχηση των θεραπευτικών ενεργειών και αλλάζουν τη σειρά των γεγονότων στην επανορθωτική κλίμακα (Ullmann et al 2006). Είναι ακόμη πιθανή η ανάπτυξη έξυπνων υλικών ικανών να ενσωματώσουν την κατά περίπτωση απαιτούμενη διατακτική ή συμπίεστική δράση επί των μηχανοευαίσθητων ιστικών στοιχείων (Singare et al 2006). Η πρόνοια για ενδεχόμενη εφαρμογή της μεθόδου της άσκησης εναλλασσόμενης συμπίεσης και διάταξης για την αντιμετώπιση προβλημάτων πώρωσης σε μεγάλη σειρά κακώσεων πρέπει να τίθεται πάντοτε υπόψη των ασχολουμένων με αυτές.

Abstract

Cyclic compression and distraction in the management of non-union and bone loss in complex fractures.

Assantis V, Mikalef P, Balabanidou E, Bischiniotis I. St.

AHEPA University Hospital, Thessaloniki, Greece.

Objective of this retrospective study is to present the utilization of cyclic compression and distraction forces applied for osteogenesis enhancement, promoting bone maturity and controlling deep infection in various cases of appendicular skeleton fractures in polytrauma patients. The latter commences earlier bone formation processes and begins earlier the reconstruction ladder.

Patients and Methods. From January 1987 to December 2006, 21 polytrauma patients were admitted in our Institution suffering various fractures. They were 19 men and two women aged from 19 to 52 years. They fell into four groups: four patients with comminuted fractures of the upper third of the humerus, two patients with lower third of both bones of the forearm, four patients with fractures of the femoral diaphysis, 10 patients with various tibial fractures with bone loss and a complex knee dislocation where a systemic and local infection was taken under control by performing an immediate arthrodesis. In all patients external skeletal fixation frames were mounted and were transformed in order to permit cyclic compression and distraction forces in a weekly basis.

Results. The technique of applying alternating cycles of compression and distraction was efficient in achieving callus formation and maturing in all but two patients with forearm fractures where in one there was partial success in closing a large bone defect but not in anchoring the sliding bone graft distally and in one patient where no callus formation was noticed.

Conclusions. Although the promotion on bone healing process by applying cyclic compression and

distraction forces was well known long before, its clinical trial is relatively new. The provision for its potential application in every difficult to manage fracture or hypertrophic pseudarthrosis especially in the polytrauma has to taken into account in a large number of patients.

Key Words: Cyclic compression and distraction of callus, Callus gymnastics, Bone defect management

Βιβλιογραφία

1. **A.S.AM.I. Group.** Nonunion of the Forearm. In A.S.AM.I. Group. Operative Principles of Ilizarov. A.Bianchi Maiocchi, J. Aronson.1991. pp 282-283.
2. **Bagby GW:** Compression bone-plating: historical considerations. J Bone Joint Surg 1977, 59-A: 625-31.
3. **Blatter G, Weber BG:** Wave plate osteosynthesis as a salvage procedure. Arch Orthop Trauma Surg. 1990; 109(6):330-3.
4. **Baumgart R, Hinterwimmer S, Kettler M, Krammer M, Mutschler W:** Central bone transport system optimizes reconstruction of bone defects. Results of 40 treatments. Unfallchirurg. 2005 Dec; 108(12):1011-2, 1014-8, and 1020-1.
5. **Challis MJ, Gaston P, Wilson K, Jull GA, Crawford R:** Cyclic pneumatic soft-tissue compression accelerates the union of distal radial osteotomies in an ovine model. J Bone Joint Surg Br. 2006 Mar; 88(3):411-5.
6. **Charnley JC:** The closed treatment of common fractures. Churchill – Livingstone, 1974.
7. **Cheal EJ, Hayes WC, White AA, Perren SM:** Stress analysis of compression plate fixation and its effects on long bone remodelling. J Biomech. 1985; 18(2): 141-50.
8. **Dendrinou GK, Katsioulas K, Krallis PN, Papagiannopoulos G:** Treatment of femoral and tibial septic pseudarthrosis by internal lengthening. Apropos of 24 cases. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1995; 80(1):44-50.

9. **Gardner MJ, van der Meulen MC, Demetarakopoulos D, Wright TM, Myers ER, Bostrom MP:** In vivo cyclic axial compression affects bone healing in the mouse tibia. *J Orthop Res.* 2006 Aug; 24(8):1679-86.
10. **Gunzburg R, Boulvin S, Bourgeois R, Wagner J:** Biomechanical behaviour of the tibio-fibular frame in non-union. *Acta Orthop Belg.* 1991; 57(3):234-41.
11. **Hente R, Füchtmeier B, Schlegel U, Ernstberger A, Perren SM:** The influence of cyclic compression and distraction on the healing of experimental tibial fractures. *J Orthop Res.* 2004 Jul; 22(4): 709-15.
12. **Hotchkiss RN, An K, Sowa DT, Basta S, Weiland A J:** An anatomic and Mechanical Study of the Interosseous Membrane of the Forearm: Pathomechanics of the proximal Migration of the Radius. *J. Hand Surg.,* 14A:256-261, 1989.
13. **Inan M, Karaoglu S, Cilli F, Turk CY, Harma A:** Treatment of femoral nonunions by using cyclic compression and distraction. *Clin Orthop.* 2005 Jul ;(436): 222-8.
14. **Kabata T, Tsuchiya H, Sakurakichi K, Yamashiro T, Watanabe K, Tomita K:** Reconstruction with distraction osteogenesis for juxta-articular nonunions with bone loss. *J Trauma.* 2005 Jun; 58(6):1213-22.
15. **Matsushita T, Kurokawa T:** Comparison of cyclic compression, cyclic distraction and rigid fixation. Bone healing in rabbits. *Acta Orthop Scand.* 1998 Feb; 69(1):95-8.
16. **McDuffee LA, Stover SM, Taylor KT:** In vitro cyclic biomechanical properties of an interlocking equine tibial nail. *Vet Surg.* 2000 Mar-Apr; 29(2):163-72.
17. **Panjabi MM, White AA, Wolf JW:** A biomechanical comparison of the effects of constant and cyclic compression on fracture healing in rabbit long bones. *Acta Orthop Scand.* 1979 Dec; 50(6 Pt 1):653-61.
18. **Pufe T, Kurz B, Vagora D, Mentlein R, Kullow S, Lemke A, Tillmann B:** The influence of biomechanical parameters on the expression of VEGF and endostatin in the bone and joint system. *Ann Anat.* 2005 Nov; 187(5-6):461-72.
19. **Scott D, Grob D, Damien C:** Ne-Osteo bone growth factor for posterolateral lumbar spine fusion results from a nonhuman primate study and a prospective human clinical pilot study. *Spine* 2004, 29: 504-14.
20. **Singare Sekou, Dichen Li, Yanxiong Liu, Zhongying Wu, Jue Wang:** The effect of latency on bone lengthening force and bone mineralization an investigation using strain gauge mounted on internal distractor device. *Biomedical Engineering on Line* 2006, 5: 10. 1186/1475-925X-5-18.
21. **Spencer AU, Xiaoyi Sun, Mohamed El-Sawaf, Haxjiya EQ, Diann Brei, Luntz J, Hua Yang, Tetelbaum DH:** Enterogenesis in a clinically feasible model of mechanical small bowel lengthening. *Surgery,* 2006, 140: 212-220.
22. **Stahl E:** Internal fixation of long bone fractures: concepts, controversies, debates. *Can Med Assoc J* 1993, 149: 837- 841.
23. **Stokes IAF, Aronson DD, Dimock AN, Cortright V, Beck S:** Endochondral growth in growth plates of three species at two anatomical locations modulated by mechanical compression and tension. *J Orthop Res* 2006, 24: 1327-1334.
24. **Yehuda Ullmann, Lucien Fodor, Yitzhak Ramon, Michael Soudry, Alexander Lerner:** The revised reconstructive ladder and its applications for high-energy injuries to the extremities. *Ann Plast Surg* 2006, 56: 401- 405.
25. **Wolf JW, White AA , Panjabi MM, Southwick WO:** Comparison of cyclic loading versus constant compression in the treatment of long-bone fractures in rabbits. *J Bone Joint Surg Am.* 1981 Jun; 63(5): 805-10.