

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΜΕΣΟΣΠΟΝΔΥΛΙΩΝ ΚΛΩΒΩΝ ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΟΠΙΣΘΙΑ ΣΠΟΝΔΥΛΟΔΕΣΙΑ

Γ. ΣΑΠΚΑΣ
Κ. ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ

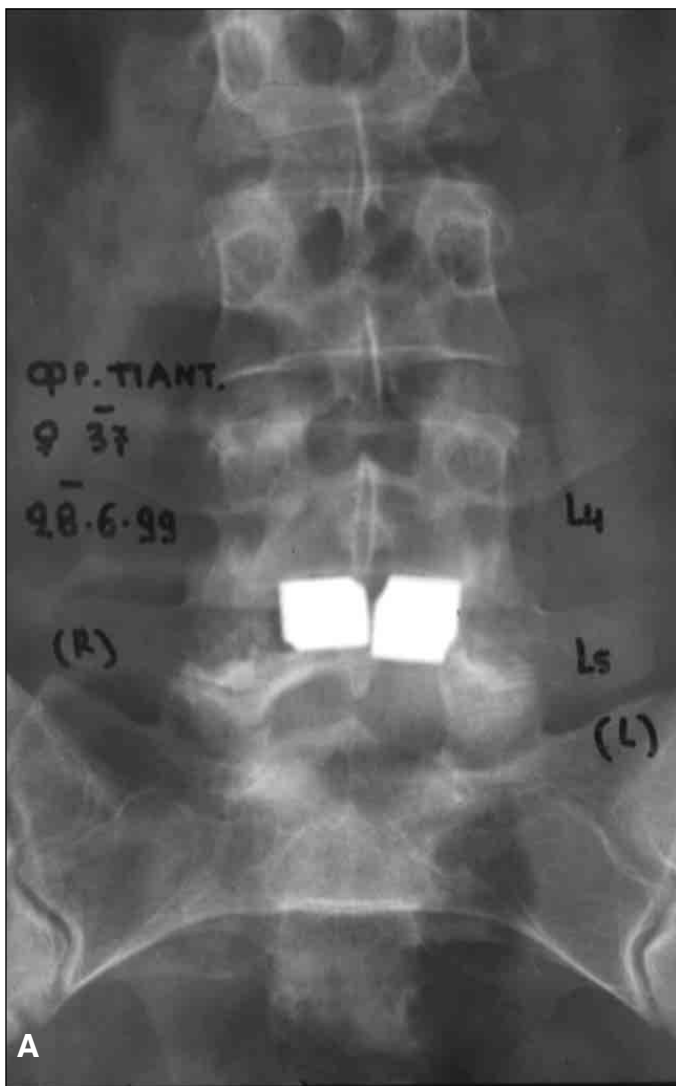
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεσοσπονδύλιοι κλωβοί είναι πορώδη υλικά τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο σπονδυλικών σωμάτων, προκειμένου να διευκολυνθεί η σπονδυλοδεσία της συγκεκριμένης περιοχής της σπονδυλικής στήλης. Οι κλωβοί αυτοί περιγράφηκαν για πρώτη φορά από τον Bagby³, συγχρόνως με την πρώτη εκτίμηση μετά από την τοποθέτησή τους σε ζώα¹⁰. Οι πρώτες κλινικές έρευνες ξεκίνησαν το 1991, στις οποίες οι κλωβοί χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση των εκφυλιστικών παθήσεων της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Τα πρώτα κλινικά αποτελέσματα, όπως και αυτά που προέκυψαν από τις πρώτες πολυκεντρικές μελέτες, ήταν πολύ ενθαρρυντικά^{21,30}. Ωστόσο, ορισμένοι ερευνητές παρουσίασαν λιγότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα^{19,25}. Εκτός αυτού, σχετικά πρόσφατες μελέτες διαπίστωσαν την αδυναμία ελέγχου της επίτευξης σπονδυλοδεσίας μέσω των κλωβών με τη χρήση απλών ακτινογραφιών ή αξονικής τομογραφίας^{4,15}, αμφισβητώντας με αυτό τον τρόπο τα κλινικά αποτελέσματα ορισμένων τουλάχιστον κλινικών μελετών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αμφισβήτηση της δυνατότητας των κλωβών να επιτυγχάνουν μόνοι τους σπονδυλοδεσία, με ορισμένους μάλιστα συγγραφείς να υποστηρίζουν ότι απαιτείται συμπληρωματική οπίσθια σπονδυλοδεσία, προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα μακροχρόνια κλινικά αποτελέσματα^{6,25}.

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι απαιτείται μια προσέγγιση του προβλήματος αυτού μέσω μιας εμβιομηχανικής ανάλυσης των μηχανικών ιδιοτήτων των μεσοσπονδυλίων κλωβών και της δυνατότητας να προκαλούν σπονδυλοδεσία. Μια τέτοιου είδους ανάλυση θα πρέπει να αναφέρεται τόσο στην αντοχή όσο και στη σταθερότητα του συστήματος σπονδυλική στήλη-εμφυτεύμα²⁸. Η αντοχή του ανωτέρω συστήματος σχετίζεται με την απουσία δομικής ανεπάρκειας - αποτυχίας τόσο του εμφυτεύματος όσο και των παρακείμενων σπονδύλων. Η σταθερότητα δεν σχετίζεται με την απουσία κίνησης μεταξύ των παρακείμενων σπονδύλων, η οποία είναι απαραίτητη προκειμένου να διευκολυνθεί η δημιουργία οστού στην περιοχή και τελικά η σπονδυλοδεσία. Η παρακάτω ανάλυση έχει ως σκοπό την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά των μεσοσπονδυλίων κλωβών και ειδικότερα την προσέγγιση της, σε τρεις διαστάσεις, σταθερότητας του συστήματος σπονδυλικής στήλης - εμφυτεύματος και της αντοχής του σε συμπίεση.

ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Τα τελευταία δέκα χρόνια πραγματοποιήθηκαν πολλές εμβιομηχανικές μελέτες



Εικόνα 1 Α.Β. Προσθιοπίσθια και πλάγια μετεγχειρητική ακτινογραφία της Φρ. Παντ. 37 ετών, που υποβλήθηκε σε οπίσθια μεσοσπονδύλια σπονδυλοδεσία μετά από δισκεκτομή στο επίπεδο Ο4-Ο5. Η πάσχουσα αιπιάται, μετεγχειρητικά, συνεχές άλγος (Ο.Μ.Σ.Σ.) εντοπιζόμενο στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, επιδεινούμενο με τις κινήσεις αυτής.

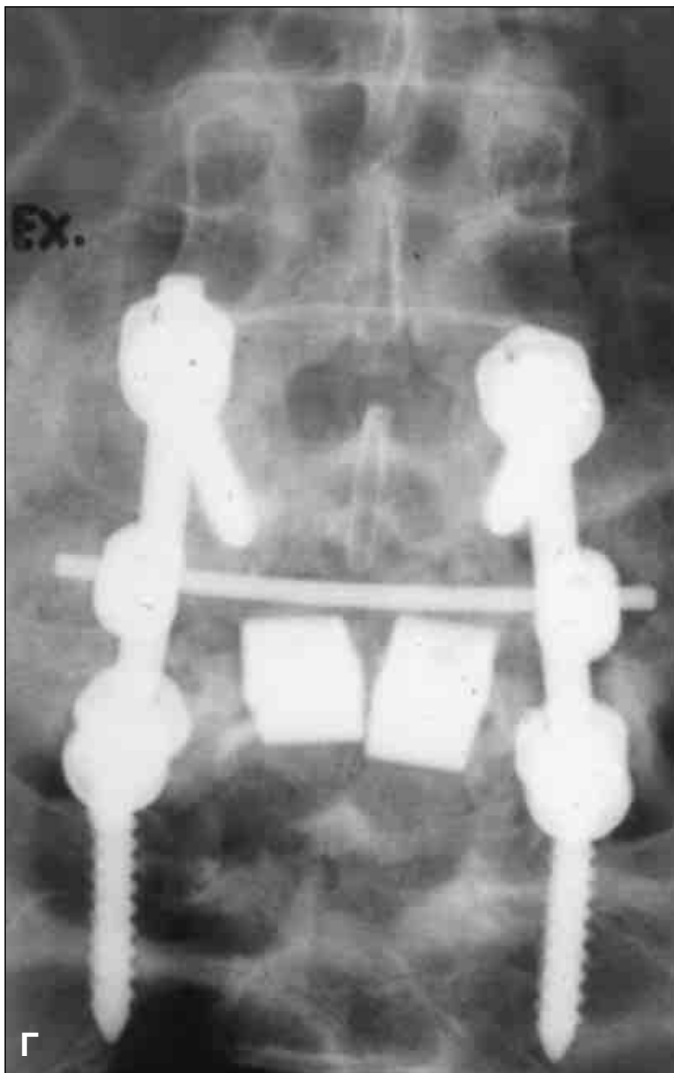
προκειμένου να αποσαφηνιστούν τα χαρακτηριστικά της σταθερότητας των μεσοσπονδυλίων κλωβών. Ιδιαίτερη αναφορά θα υπάρξει μόνο σε αυτές τις μελέτες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν ανθρώπινα πωματικά μοντέλα, γιατί τα μοντέλα με ζώα παρουσιάζουν ορισμένες ελλείψεις, οι οποίες θα συζητηθούν παρακάτω. Επίσης, η αναφορά θα γίνει σε μελέτες που πραγματικά αναφέρονται σε ελέγχους τριών διαστάσεων, γεγονός που σημαίνει εκτίμηση της σταθερότητας που προκύπτει από τη χρήση των κλωβών στο οβελιαίο επίπεδο (κάμψη-έκταση), στο μετωπιαίο επίπεδο (πλάγια κάμψη) και στο εγκάρσιο επίπεδο (αξονική περιστροφή).

Στις έρευνες εκείνες στις οποίες μελετάται η σταθερότητα του κλωβού, προκαθορισμένα βάρη εφαρμόζονται στο δείγμα της σπονδυλικής στήλης πριν την επέμβαση, καθώς και μετά από την εισαγωγή των μεσοσπονδυλίων

κλωβών, ενώ σε πολλές περιπτώσεις το αποτέλεσμα της συμπληρωματικής τοποθέτησης συστήματος οπίσθιας σπονδυλοδεσίας καθορίζεται ως το τελικό βήμα. Στις ερευνητικές αυτές εργασίες η μεσοσπονδύλια κίνηση, μετράται σε κάθε διαφορετικό δείγμα σπονδυλικής στήλης και, τυπικά, τα αποτελέσματα καταγράφονται ως το συνολικό εύρος κίνησης κάτω από τη μέγιστη φόρτιση (δηλ. φορτίο ανά μονάδα παρεκτόπισης).

ΚΛΩΒΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στις συγκριτικές μελέτες, που ελέγχθηκαν κλωβοί διαφορετικού σχεδιασμού, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές είτε αυτοί ήταν πρόσθιας²⁷ είτε οπίσθιας τοποθέτησης²². Επίσης, τα μαθηματικά μοντέλα των κατασκευών αυτών ανέδειξαν παραπλήσια μηχανική συμπεριφορά,



Εικόνα 1 Γ.Δ. Προσθιοπίσθια και πλάγια μετεγχειρητική ακτινογραφία της ίδιας ασθενούς. Η πάσχουσα υποβλήθηκε μετά από 14 μήνες σε συμπληρωματική χειρουργική επέμβαση για σταθεροποίηση των προβληματικών επιπέδων. Η χειρουργική επέμβαση συνίσταται σε: α) οπίσθια σπονδυλοδεσία με την εφαρμογή συστήματος διαυκενικών βιδών και ράβδων τύπου Miami-M.O.S.S. (Depuy) και β) τοποθέτηση οστικών μοσχευμάτων από μηριαίες κεφαλές ενισχυμένων με Β.С.Р. (Bicalcium Phosphate - Metronic Memphis-Tennessee, USA) οπισθοπλάγια επί των εγκαρσίων αποφύσεων του Ο4-Ο5 σπονδύλου. Μετεγχειρητικά, η πάσχουσα παρουσίασε σημαντικότερη βελτίωση του οσφυϊκού άλγους και έξι μήνες αργότερα είχε αποκτήσει πλήρη και ανώδυνη κινητικότητα της οσφύς.

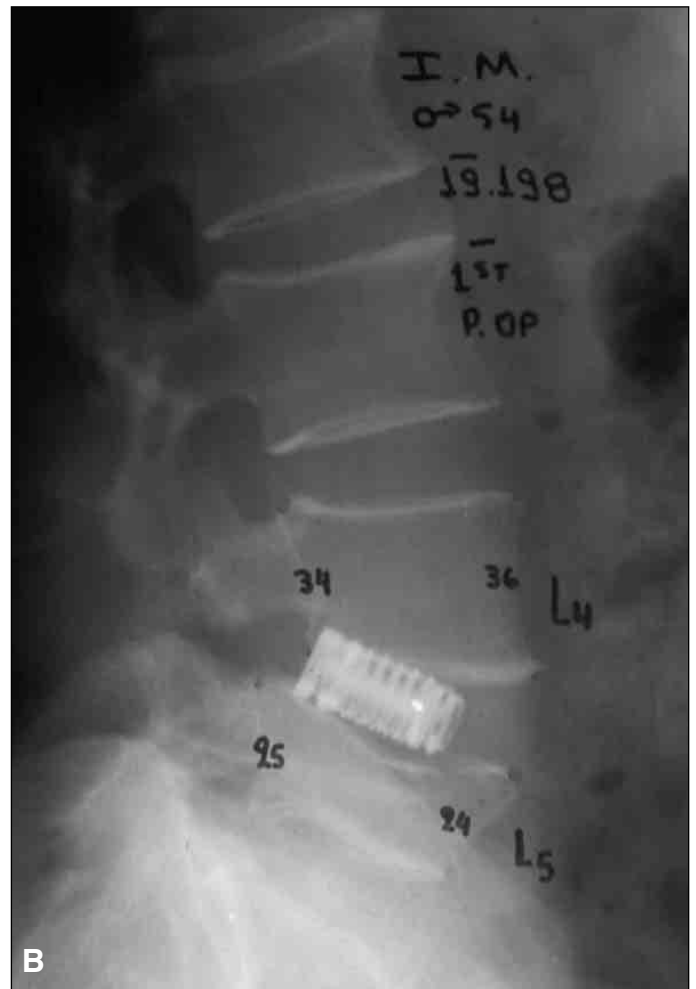
αν και επρόκειτο για κλωβούς διαφορετικού σχεδιασμού¹⁴. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα αποτελέσματα των κλωβών διαφορετικού σχεδιασμού αντιμετωπίζονται στη συνέχεια συνολικά. Είναι πιθανό να υπάρχουν λεπτές διαφορές μεταξύ των διαφόρων κλωβών και η ακρίβεια της στατιστικής ανάλυσης να μην είναι ικανοποιητική στις υπάρχουσες μελέτες. Ωστόσο, δε φαίνεται να είναι αυτό το πρόβλημα στην υπάρχουσα κατάσταση.

ΠΡΟΣΘΙΑ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ

Υπάρχουν πολλές εργασίες που αναφέρονται σε με-

σοσπονδύλιους κλωβούς, οι οποίοι εισάγονται με πρόσθια προσπέλαση και είναι τριών διαστάσεων. Ελέγχθηκε μια μεγάλη ποικιλία τέτοιων κλωβών, στους οποίους περιλαμβάνονταν: κύλινδροι βιδωτοί όπως οι TIBFD (Sofamor-Danek Group, Memphis, Tenn), οι κλωβοί BAK (Sulzer Spine-Tech Inc. Minneapolis, Minn.)^{12,23,27,29} καθώς και κλωβοί όπως οι SynCage (Mathys Medical Ltd., Bettlach, Switzerland)²⁷. Ως μέσο σύγκρισης χρησιμοποιήθηκε ένας δακτύλιος μηριαίου οστού.

Από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των ερευνών αυτών για τη σταθερότητα των κλωβών με πρόσθια προσπέλαση μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα.



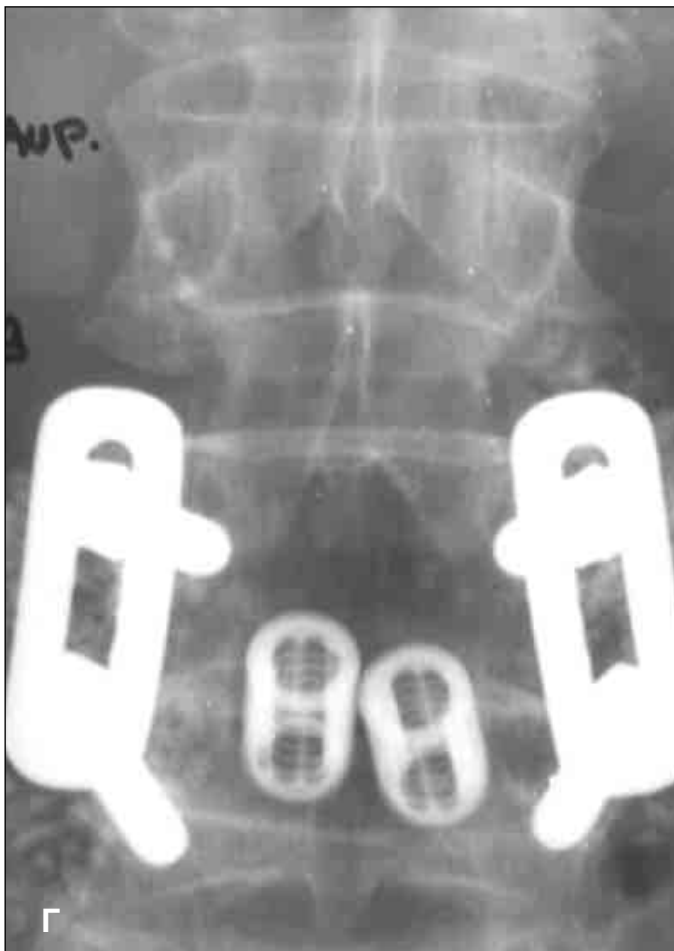
Εικόνα 2 Α.Β. Προσθιοπίσθια και πλάγια μετεγχειρητική ακτινογραφία της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Ο.Μ.Σ.Σ.) του Ι.Μ., 54 ετών. Ο Ι.Μ. υπέστη, κατόπιν πτώσεως, εκρηκτικό κάταγμα του 5ου οσφυϊκού σπονδύλου που αρχικά αντιμετωπίστηκε συντηρητικά. Έξι μήνες αργότερα ο πάσχων υποβλήθηκε σε χειρουργική επέμβαση για την αντιμετώπιση του μετατραυματικού - μετακαταγματικού άλγους. Σύμφωνα με το πρακτικό της επέμβασης, τοποθετήθηκαν δύο κυλινδρικοί κλωβοί στο μεσοσπονδύλιο διάστημα Ο4-Ο5, αφού αφαιρέθηκαν αμφοτερόπλευρα για τις ανάγκες της τοποθέτησης των κλωβών οι αρθρικές αποφύσεις των σπονδύλων Ο4 και Ο5. Η μετεγχειρητική πορεία δεν υπήρξε καλή. Ο πάσχων ανέφερε συνεχές οσφυϊκό άλγος. Ο ακτινολογικός έλεγχος ανέδειξε την καθίζηση του σώματος του καταγματικού Ο5 σπονδύλου και την απουσία καλής εφαρμογής του μεταλλικού κλωβού προς τις παρακείμενες σπονδυλικές επιφάνειες.

Σε κάμψη, η μεσοσπονδύλια κίνηση με τη χρήση κλωβού είναι πάντα μικρότερη, περίπου 60%, από ότι χωρίς τη χρήση κλωβού σε μη χειρουργημένη σπονδυλική στήλη. Σε έκταση, η κίνηση με κλωβό είναι περίπου η ίδια με αυτήν χωρίς κλωβό. Συνεπώς, φαίνεται ότι οι κλωβοί δεν μπορούν να σταθεροποιήσουν τη σπονδυλική στήλη σε αυτό το επίπεδο κίνησης. Σε αξονική περιστροφή διαπιστώνεται ότι οι κλωβοί σταθεροποιούν τη σπονδυλική στήλη, ωστόσο αυτή η σταθεροποίηση μετριάζεται όταν δε διατηρείται σταθερή επαφή στην τελική πλάκα, σύμφωνα με τους Glazer και συν.¹² σε πειραματικές εργασίες με αλλομόσχευμα μηριαίου δακτυλίου. Σε πλάγια κάμψη, οι κλωβοί μειώνουν την κίνηση μιας μη χειρουργημένης σπονδυλικής στήλης περίπου στο 50%.

ΟΠΙΣΘΙΑ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ

Έχει δοκιμαστεί μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών μεσοσπονδυλίων κλωβών για εισαγωγή με οπίσθια προσπέλαση. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι βιδωτοί κύλινδροι, όπως ο Ray cage (Surgical Dynamics, Norwalk, Conn)^{22,33}, ορθογώνιες κατασκευές, όπως το Brantigan cage (Depuy-AcroMed, Warsaw, Ind.)^{18,22}, και συσκευές τιτανίου ειδικά κατασκευασμένες να επιτυγχάνουν μέγιστη επαφή με την τελική πλάκα, όπως ο Contact Fusion Cage (Stratec Medical Ltd., Oberdorf, Switzerland)²². Για σύγκριση χρησιμοποιήθηκε μόσχευμα τριών φλοιών.

Τα αποτελέσματα που εξάγονται από τις μελέτες αυτές είναι πολύ διαφωτιστικά. Σε κάμψη, η μεσοσπονδύλια κίνηση είναι πάντα μικρότερη στις σπονδυλικές στήλες με



Εικόνα 2 Γ.Δ. Προσθιοπίσθια και πλάγια μετεγχειρητική ακτινογραφία του ασθενούς Ι.Μ. Ο Ι.Μ. δώδεκα μήνες μετά τη μεσοσπονδύλια σπονδυλοδεσία υποβλήθηκε σε συμπληρωματική οπίσθια σπονδυλοδεσία με: α) σύστημα διαυχενικών βιδών και πλακών συστήματος Steehee (Acromed) και β) ομόλογων λαγόνιων οστικών μοσχευμάτων, εμπλουτισμένων με Β.С.Р. (Bicalcium phosphate). Η μετεγχειρητική πορεία υπήρξε πολύ καλή και έξι μήνες αργότερα ο πάσχων ανέφερε σημαντικότερη υποχώρηση του οσφυϊκού άλγους.

τον κλωβό από ότι χωρίς αυτόν, κατά μέσο όρο 60%. Σε έκταση, η κίνηση είναι περίπου ίδια είτε με τη χρήση του κλωβού είτε χωρίς αυτόν, και κατά συνέπεια μπορεί να υποθέσει κανείς ότι, όπως και στην πρόσθια προσπέλαση, οι κλωβοί που εισάγονται με οπίσθια προσπέλαση δεν μπορούν να σταθεροποιήσουν τη σπονδυλική στήλη σε αυτού του είδους την κατεύθυνση. Σε αξονική περιστροφή, η κίνηση ήταν πάντα μεγαλύτερη με τη χρήση του κλωβού, περίπου κατά 25% σε σχέση με τη μη χρήση. Σε πλάγια κάμψη τα αποτελέσματα δε συμφωνούν, καθώς ορισμένες εργασίες υποστηρίζουν ότι δημιουργείται σημαντική σταθερότητα²², ενώ άλλες υποστηρίζουν το αντίθετο²³.

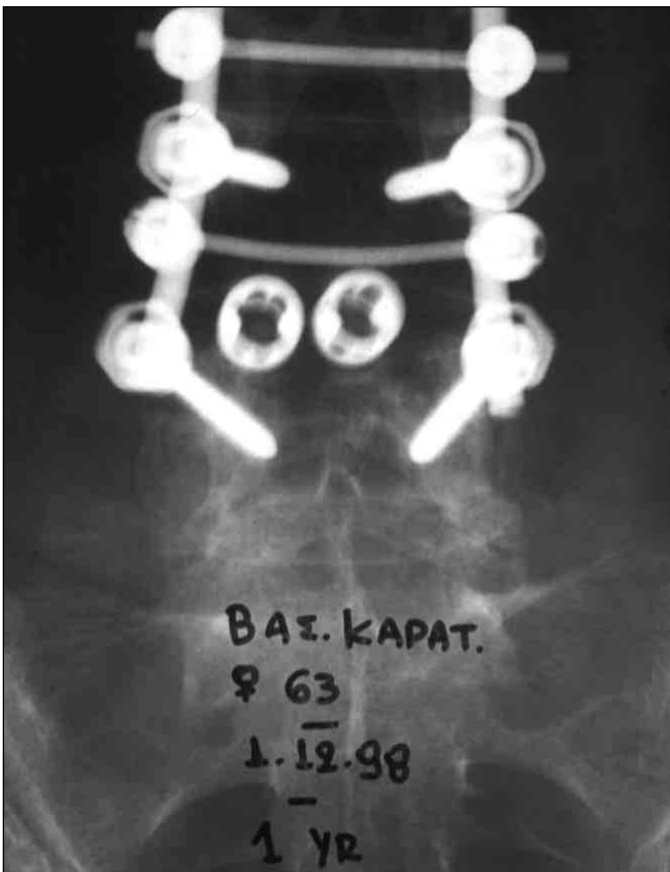
ΠΡΟΣΘΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΟΠΙΣΘΙΑΣ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ

Διαπιστώνεται ότι υπάρχουν ορισμένες διαφορές στη

σταθερότητα που δημιουργείται από τη χρησιμοποίηση των κλωβών με πρόσθια ή με οπίσθια προσπέλαση. Από τη σύγκριση των πειραματικών δεδομένων φαίνεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά την κάμψη. Μία μικρή διαφορά διαπιστώνεται στην έκταση, αν και η μεταβλητότητα φαίνεται ότι είναι σημαντική στις εργασίες που αναφέρονται στις πρόσθιες προσπελάσεις. Στην αξονική συμπίεση και στην πλάγια κάμψη μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι υπάρχει ουσιαστική διαφορά, με μεγαλύτερη κίνηση στις οπίσθιες προσπελάσεις σε σχέση με τις πρόσθιες. Σημαντικό είναι ότι καμία από τις συγκρίσεις δεν είναι στατιστική.

ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Ο Bagby, στην έρευνά του σχετικά με τη σταθεροποίηση με τη χρήση των μεσοσπονδύλιων κλωβών διατύπωσε τη θεωρία της διάταξης - συμπίεσης για τη μεσο-



Εικόνα 3. Προσθιοπίσθια ακτινογραφία Ο.Μ.Σ.Σ. της Β. Καρ., 63 ετών, που υποβλήθηκε σε χειρουργική επέμβαση για αφαίρεση του μεσοσπονδύλιου δίσκου, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η αστάθεια της οσφυϊκής μοίρας και η υφισταμένη αριστ. οσφυοϊσχιαλγία. Κατά την επέμβαση τοποθετήθηκαν 2 κυλινδρικοί μεταλλικοί σπειρωτοί κλωβοί τύπου ΒΑΚ (Sulzer Spine-Tech, Inc.) που πληρώθηκαν με ομόλογα οστικά μοσχεύματα, τα οποία ελήφθησαν από τα πέταλα των σπονδύλων που αφαιρέθηκαν. Οι κλωβοί τοποθετήθηκαν όσο το δυνατόν κεντρικότερα, προκειμένου να περιοριστεί η καταστροφή των σπονδυλικών διαρθρώσεων. Η σταθεροποίηση των σπονδυλικών επιπέδων ολοκληρώθηκε με συμπληρωματική οπίσθια σπονδυλοδεσία με: α) σύστημα διαυχενικών βιδών και ράβδων τύπου Miami-M.O.S.S. (Depuy) και β) τοποθέτηση ομόλογων λαγόνιων οστικών μοσχευμάτων επί των εγκαρσίων αποφύσεων.

σπονδύλια σταθεροποίηση³. Η βασική ιδέα είναι ότι η σταθερότητα μπορεί να αυξηθεί με τη διάταση του ινώδους δακτυλίου. Υπάρχουν διάφορες κλινικές και εργαστηριακές έρευνες που αναδεικνύουν ότι πράγματι συμβαίνει η διάταση και η επιμήκυνση του χώρου του δίσκου με τους μεσοσπονδύλιους κλωβούς^{5,9,24,31}. Μια σχετικά πρόσφατη εμβιομηχανική μελέτη έδειξε ότι ο βαθμός της σταθερότητας σχετίζεται με το βαθμό της διάτασης²⁴. Από τα μοντέλα με ζώα έγινε κατανοητό ότι κάποιος βαθμός

διάτασης χάνεται μετεγχειρητικά, ειδικά κατά τις πρώτες 6 εβδομάδες^{13,31}, και ότι αυτή η απώλεια έχει σημαντική αρνητική επίπτωση στο βαθμό σταθερότητας, ειδικότερα στην κάμψη - έκταση και στην πλάγια κάμψη¹⁶.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά τη σταθερότητα είναι η οστική πυκνότητα των σπονδύλων. Έχει αποδειχθεί ότι για ορισμένους τύπους κλωβών η αυξημένη οστική πυκνότητα αυξάνει τη σταθερότητα σε κάμψη - έκταση και πλάγια κάμψη, αλλά όχι σε αξονική περιστροφή²⁶.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΟΠΙΣΘΙΑΣ ΣΠΟΝΔΥΛΟΔΕΣΙΑΣ

Πολλοί συγγραφείς έχουν προτείνει τη χρησιμοποίηση της οπίσθιας σπονδυλοδεσίας για την ενίσχυση της σταθερότητας του συμπλέγματος σπονδύλων και μεσοσπονδυλίων κλωβών. Η υπόθεση αυτή έχει ερευνηθεί εκτεταμένα και έχει αποδειχθεί ότι η χρήση των διαυχενικών βιδών βελτιώνει τη σταθερότητα του συστήματος (εικόνες 1Α,Β,Γ,Δ).

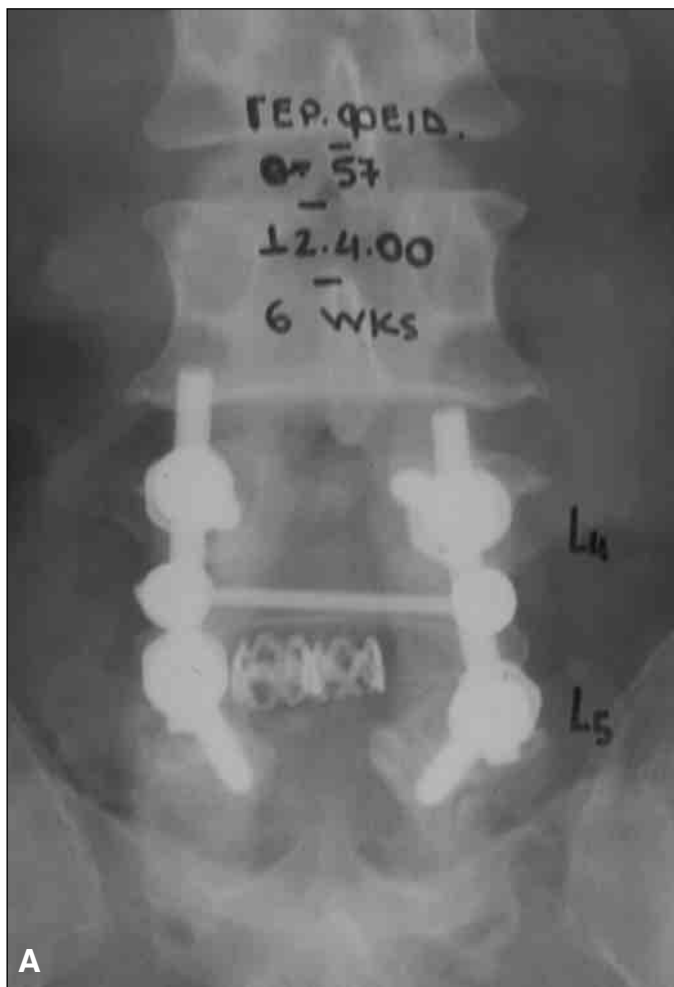
ΑΝΤΟΧΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΠΑΦΗΣ ΣΠΟΝΔΥΛΟΥ - ΚΛΩΒΟΥ

Οι εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την αντοχή της επιφάνειας επαφής σπονδύλου - κλωβού είναι σημαντικά λιγότερες.

Από μηχανικής άποψης, το φορτίο στο οποίο θα εκτεθεί ένας κλωβός από το σπονδυλικό σώμα εξαρτάται από την αντοχή του οστού του σπονδυλικού σώματος και από την επιφάνεια επαφής (εικόνα 2Α,Β,Γ,Δ). Ο παράγοντας που περιπλέκει τους υπολογισμούς είναι ότι η αντοχή του σπονδυλικού οστού ποικίλει τόσο από άνθρωπο σε άνθρωπο, όσο και από σπόνδυλο σε σπόνδυλο στον ίδιο άνθρωπο. Υπάρχουν βέβαια και άλλοι παράγοντες που περιπλέκουν τους υπολογισμούς, όπως η χειρουργική προετοιμασία του σπονδυλικού σώματος (διατήρηση ή μη της τελικής πλάκας).

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΣΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Είναι γνωστό ότι η αντοχή σε συμπίεση του σπογγώδους οστού εξαρτάται από την πυκνότητά του και κατά συνέπεια είναι λογικό ότι η αντοχή της επιφάνειας επαφής σπονδύλου - κλωβού εξαρτάται από την πυκνότητα του σπονδυλικού σώματος. Πρόσφατες εργαστηριακές έρευνες επιβεβαίωσαν την υπόθεση αυτή^{20,32}. Μία από αυτές τις εργασίες αναφερόταν στην αντοχή τριών διαφορετικού σχεδιασμού κλωβών, ενώ μία άλλη έρευνα αναφερόταν σε δύο παρόμοιους, αλλά ελαφρώς διαφορετικού σχεδιασμού κλωβούς. Η οστική πυκνότητα ελέγχθηκε



Εικόνα 4 Α.Β. Προσθιοπίσθια και πλάγια ακτινογραφία Ο.Μ.Σ.Σ. του Γερ.Φειδ., 57 ετών, που υποβλήθηκε σε χειρουργική επέμβαση για αφαίρεση του εκφυλισμένου μεσοσπονδυλίου δίσκου στο επίπεδο O4 - O5. Ο μεσοσπονδύλιος δίσκος αντικαταστάθηκε με κυλίνδρους από τιτάνιο (Μ.Ο.Σ.Σ.) που πληρώθηκαν με ομόλογο οστικό μόσχευμα προερχόμενο από τα οστικά πέταλα που αφαιρέθηκαν. Η συμπληρωματική οπίσθια σπονδυλοδεσία πραγματοποιήθηκε με σύστημα διαυχενικών βιδών και ράβδων τύπου Miami-M.O.S.S. (Depuy). Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται σπονδυλοδεσία 360°, δεδομένου ότι εξασφαλίζεται το πρόσθιο, το μέσο και το οπίσθιο στηρικτικό σπονδυλικό σώμα. Τα οδοντωτά άκρα του κυλίνδρου επιτρέπουν την καθήλωση του εμφυτεύματος, δεδομένου ότι εμβυθίζονται κατά μερικά χιλιοστά στην τελική πλάκα και στο υποκείμενο σπονδυλικό σώμα. Η συμπληρωματική οπίσθια σπονδυλοδεσία δια των διαυχενικών βιδών αποτρέπει την περαιτέρω ουσιαστική σπονδυλική καθίζηση.

με διπλής ενέργειας απορροφησιομετρία και έγινε σαφής η σχέση της οστικής πυκνότητας και της αντοχής της επιφάνειας επαφής σπονδύλου - κλωβού.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

Οι δύο εργασίες που αναφέρονται παραπάνω καθώς και μία παλαιότερη¹⁷ ερευνούν τη σημασία της τελικής πλάκας στην αντοχή της επιφάνειας επαφής σπονδύλου - κλωβού. Καμία από τις τρεις αυτές εργασίες δεν διαπίστωσε σημαντική διαφορά μεταξύ των κλωβών που διατηρούν την υποχόνδρια τελική πλάκα και αυτών που τη διαπερνούν κατά την εισαγωγή τους, σύμφωνα με τις ο-

δηγίες του κατασκευαστή.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΛΩΒΟΥ

Η εργασία των Jost και συν.²⁰ συνέκρινε την αντοχή της επιφάνειας επαφής τριών διαφορετικού σχεδιασμού κλωβών. Δεν διαπιστώθηκε καμία σημαντική διαφορά μεταξύ του βιδωτού Ray cage, του ορθογωνίου Brantigan cage και του πορώδους Contact Fusion cage.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΟΠΙΣΘΙΑΣ ΣΠΟΝΔΥΛΟΔΕΣΙΑΣ

Η εργασία των Jost και συν.²⁰ ερεύνησε το αποτέλεσμα

της συμπληρωματικής οπίσθιας σπονδυλοδεσίας με δι-
αυχενικές βίδες στην αντοχή σε συμπίεση της επιφάνει-
ας επαφής σπονδύλου - κλωβού. Το συμπέρασμα στο ο-
ποίο κατέληξε ήταν ότι δεν υπήρχε καμία σημαντική δια-
φορά που να διαφοροποιεί το αποτέλεσμα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας θέτει τις βασικές μη-
χανικές αρχές της σπονδυλοδεσίας με τη χρήση μεσο-
σπονδυλίων κλωβών στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλι-
κής στήλης και εστιάζει σε δύο σημαντικά σημεία της το-
ποθέτησης των κλωβών αυτών: τη σταθεροποίηση σε τρεις
διαστάσεις και την αντοχή σε συμπίεση της επιφάνειας ε-
παφής σπονδύλου - κλωβού.

ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΜΕΣΟΣΠΟΝΔΥΛΙΟΥΣ ΚΛΩΒΟΥΣ

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, που χρησιμοποιή-
θηκε ως τώρα, αναφέρεται σε έρευνες σε ανθρώπινα πτω-
ματικά μοντέλα. Πολλές, όμως, έρευνες σχετικά με τους
μεσοσπονδύλιους κλωβούς, ειδικά εκείνες που πραγμα-
τοποιήθηκαν πρώιμα, έγιναν πάνω σε ζωικά μοντέλα, ει-
δικότερα σε χοίρους, βοοειδή και μπαμπούνους^{7,8,35}. Εί-
ναι, όμως, γνωστό ότι υπάρχουν ουσιαστικές ανατομικές
διαφορές μεταξύ των ζωικών μοντέλων και της ανθρώπι-
νης σπονδυλικής στήλης, ειδικά όσον αφορά τη μορφο-
λογία των αρθρικών αποφύσεων και την ανωριμότητα των
αυξητικών πλακών. Δυστυχώς, τα αποτελέσματα που ε-
ξάγονται από αυτού του είδους τις έρευνες διαφέρουν
σημαντικά από τα πρώιμα αποτελέσματα των ερευνών
που έγιναν πάνω σε ανθρώπινα πτωματικά μοντέλα. Η ε-
πιβεβαίωση των παραπάνω γίνεται εύκολα, συγκρίνοντας
τα αποτελέσματα της πρόσθιας και της οπίσθιας σταθε-
ροποίησης σε ζωικά και σε ανθρώπινα μοντέλα. Αν ε-
ξαιρέσει κανείς τα αποτελέσματα σε κάμψη, σε όλες τις
άλλες περιπτώσεις διαφέρουν σημαντικά και οδηγούν σε
διαφορετικά συμπεράσματα, γεγονός που οδηγεί στη σκέ-
ψη της απόρριψης των ζωικών μοντέλων, τουλάχιστον ό-
σον αφορά τη χρήση τους στη μελέτη της μηχανικής των
μεσοσπονδυλίων κλωβών. Αυτός είναι και ο λόγος για
τον οποίο εξαιρέθηκαν από την ανασκόπηση αυτή όλες
οι έρευνες που αφορούσαν ζωικά μοντέλα.

ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Τα αποτελέσματα διαφορετικών ερευνών για τους κλω-
βούς σταθεροποίησης με πρόσθια ή με οπίσθια προσπέ-
λαση είναι σημαντικά όμοια. Φαίνεται ότι οι κλωβοί είτε
εισαχθούν με πρόσθια είτε με οπίσθια προσπέλαση προ-
σφέρουν ικανοποιητική σταθερότητα σε κάμψη, όχι όμως

και σε έκταση. Είναι αξιοσημείωτο ότι η πρόσθια προ-
σπέλαση, παρά το γεγονός ότι καταστρέφει σημαντικά τον
ινώδη δακτύλιο και τον επιμήκη σύνδεσμο, δεν μετα-
βάλλει δραματικά τη σταθερότητα σε σχέση με την οπί-
σθια προσπέλαση και προσφέρει καλύτερη σταθερότητα
από την οπίσθια προσπέλαση σε αξονική περιστροφή και
σε πλάγια κάμψη. Ίσως αυτό να οφείλεται στο ότι η οπί-
σθια προσπέλαση καταστρέφει τις αρθρικές αποφύσεις.
Η βασική διαφορά μεταξύ της πρόσθιας και της οπίσθιας
προσπέλασης είναι ότι στην οπίσθια απαιτείται τουλάχισ-
τον κεντρική αφαίρεση των αρθρικών αποφύσεων. Το
γεγονός ότι οι αρθρικές αποφύσεις προσφέρουν ουσια-
στικά τη σταθερότητα σε αξονική περιστροφή κάνει λογι-
κό το αποτέλεσμα¹. Η μερική αφαίρεση των αρθρικών α-
ποφύσεων δεν είναι τόσο σημαντική στη σταθερότητα σε
πλάγια κάμψη, ωστόσο φαίνεται ότι είναι και αυτός ένας
παράγοντας. Ένας άλλος πιθανός παράγοντας είναι ότι
κατά την οπίσθια προσπέλαση οι κλωβοί τοποθετούνται
περισσότερο κεντρικά, σε μια προσπάθεια μικρότερης κα-
ταστροφής των αρθρικών αποφύσεων (εικόνα 3).

Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι η πρόσθια προσπέ-
λαση προσφέρει καλύτερη σταθερότητα από την οπίσθια,
όπως επίσης σημαντική είναι η διαπίστωση ότι και η πρό-
σθια αλλά και η οπίσθια προσπέλαση δεν μπορούν να
προσφέρουν σημαντική σταθερότητα σε έκταση. Δεν εί-
ναι, ωστόσο, ξεκάθαρο εάν αυτό αποτελεί ένα κλινικό
πρόβλημα το οποίο απαιτεί συμπληρωματική οστεοσύν-
θεση. Βάσει του γεγονότος ότι η δυνατότητα έκτασης της
οσφυϊκής μοίρας είναι μικρή, περίπου 3° ανά επίπεδο,
φαίνεται λογικό ότι μια προσεκτική μετεχειρητική απο-
κατάσταση, που αποκλείει κινήσεις έκτασης, περιορίζει
το πρόβλημα αυτό. Ωστόσο, η συμπληρωματική οπίσθια
σπονδυλοδεσία παραμένει μια λύση. Είναι, άλλωστε, ξε-
κάθαρο ότι η συμπληρωματική οπίσθια σπονδυλοδεσία
με τη χρησιμοποίηση βιδών προσφέρει τη σταθερότερη
οστεοσύνθεση εμβιομηχανικά. Είναι πιθανόν, όμως, ότι
και άλλες απλούστερες μέθοδοι μπορούν να προσφέ-
ρουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, όπως αυτή του Fidler¹¹,
κατά την οποία χρησιμοποιείται ένα μόσχευμα σε σχήμα
H στις ακανθώδεις αποφύσεις για την υποστήριξη του μο-
σχεύματος που τοποθετείται ανάμεσα στα σπονδυλικά
σώματα. Η βασική ερώτηση παραμένει η εξής: Ποιος εί-
ναι ο βαθμός της άμεσης σταθεροποίησης που απαιτεί-
ται προκειμένου να ευοδωθεί η οστική ανάπτυξη μέσα
στον κλωβό και να επιτευχθεί τελικά η πόρωση; Για την
απάντηση απαιτείται περαιτέρω προσεκτική προοπτική με-
λέτη.

ΑΝΤΟΧΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΠΑΦΗΣ ΣΠΟΝΔΥΛΟΥ - ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΟΣ

Η αντοχή σε συμπίεση της επιφάνειας επαφής κλωβού

- σπονδύλου φαίνεται καθαρά ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την οστική πυκνότητα. Ωστόσο, σχετικά πρόσφατες κλινικές μελέτες υποστηρίζουν ότι η οστική πυκνότητα δεν είναι ο μόνος σημαντικός παράγοντας στο θέμα της εμβύθισης του κλωβού².

Πολλοί χειρουργοί δίνουν μεγάλη έμφαση στη διατήρηση της τελικής πλάκας του σπονδύλου προκειμένου να αποφευχθεί η εμβύθιση, θεωρώντας ότι μετά την αφαίρεση της κόνδρινης τελικής πλάκας το υποχόνδριο οστό αδυνατεί να συγκρατήσει τον κλωβό. Είναι πιθανό ότι η αφαίρεση της τελικής πλάκας μπορεί να προκαλέσει μια μικρή ελάττωση της αντοχής της επιφάνειας επαφής κλωβού - σπονδύλου, αλλά δεν είναι τόσο σημαντική όσο θεωρείτο παλαιότερα. Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό εάν αναλογιστεί κανείς ότι η τελική πλάκα είναι καθαρό υποχόνδριο οστό πάχους 0,25 mm^{0,35}.

Η ακριβής τοποθέτηση του κλωβού μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην πιθανή εμβύθιση. Οι Steffen και συν.³² υποστηρίζουν ότι όσο πιο περιφερική είναι η τοποθέτηση του κλωβού, τόσο καλύτερα είναι και τα αποτελέσματα από μηχανική και βιολογική πλευρά. Είναι σίγουρο ότι απαιτείται περισσότερη έρευνα στον τομέα αυτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abumi K, Panjabi MM, Kramer KM, Duranceau J, Oxland T, Crisco JJ. Biomechanical evaluation of lumbar spinal stability after graded facetectomies. *Spine* 1990, 15:1142-1147.
2. Ahrens JE, Risk DE. Correlation of fusion cage subsidence and preoperative bone mineral density. Meeting of the North American Spine Society. 28-31 October 1998, San Francisco, p14.
3. Bagby GW. Arthrodesis by the distraction-compression method using a stainless steel implant. *Orthopedics* 1998, 11:932-934.
4. Banco RJ, Garden MS, Levine HL. CT reconstruction for fusion evaluation in threaded interbody fusion devices. Meeting of the North American Spine Society, 28-31 October 1998, San Francisco, p23.
5. Blechner MH, Kanim LEA, Patel M, Grewal R, Delamarter RB, Dawson EG. Clinical evaluation of the distractive properties of interbody cages for anterior spinal fusion. Meeting of the Orthopaedic Research Society, 1-4 February 1999, Anaheim, Calif., p1001.
6. Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two years clinical results in the first 26 patients. *Spine* 1993, 18:2106-2107.
7. Brodke DS, Dick JC, Kunz DN, McCabe R, Zdedlick TA. Posterior lumbar interbody fusion. A biomechanical comparison, including a new threaded cage. *Spine* 1997, 22:26-31.
8. Butts M, Kuslich S, Bechtold J. Biomechanical analysis of a new method for spinal interbody fixation. In: Erdman A. *Advances in Bioengineering* 1987. American Society of Mechanical Engineers. Boston, p95.
9. Chen D, Fay LA, Lok J, Yuan P, Edwards WT, Yuan HA. Increasing neuroforaminal volume by anterior interbody distraction in degenerative lumbar spine. *Spine* 1995, 20:74-79.
10. DeBowes RM, Grant BD, Bagby GW, Gallina AM, Sande RD, Ratzlaff MH. Cervical vertebral interbody fusion in the horse: a comparative study of bovine xenografts and autografts supported by stainless steel baskets. *Am J Vet Res* 1984, 45:191-199.
11. Fidler MW. Spinal fusion: a combined anterior and supplementary interspinous technique. *Eur Spine J* 1997, 6:214-218.
12. Glazer PA, Colliou O, Klisch SM, Bradfore DS, Bueff HU, Lotz JC. Biomechanical analysis of multilevel fixation methods in the lumbar spine. *Spine* 1997, 22:171-182.
13. Grobler LJ, Wilder DG, Ahern JW, Reinsel TE, Pope MH. Comparing anterior lumbar interbody stabilization with the BAK vertebral stabilizer system and allograft. Meeting of the North American Spine Society. October 1993, San Diego, p 115.
14. Grosland NM, Goel VK, Grobler LJ. Comparative biomechanical investigation of multiple interbody fusion cages: a finite element analysis. Meeting of the Orthopaedic Research Society, 1-4 February 1999, Anaheim, Calif., p.1002.
15. Heithoff KB, Mullin WJ, Holte D, Renfrew DL, Gilbert TJ. The failure of radiographic detection of pseudoarthrosis in patients with titanium lumbar interbody fusion cages. Meeting of the International Society for the Study of the Lumbar Spine, 9-13 June, 1999, Kona, Hawaii, p10.
16. Hoffer Z, Oxland TR, Nydegger T, Nolte LP. Cyclic loading decreases the stabilization provided by lumbar interbody cages. Meeting of the International Society for the Study of the Lumbar Spine, 9-13 June 1998, Brussels, Belgium, p10.
17. Hollowell JP, Vollmer DG, Wilson CR, Pintar FA, Yoganandan N. Biomechanical analysis of thoracolumbar interbody constructs. How important is the endplate? *Spine* 1996, 21:1032-1036.
18. Hoshijima K, Nightingale RW, Yu JR, Richardson WJ, Harper KD, Yamamoto H, et al. Strength and stability of posterior lumbar interbody fusion. Comparison of titanium and tricortical bone graft. *Spine* 1997, 22:1181-1188.
19. Implicito DA, Zucherman J, Hsu K. Fusion rate and disk height in interbody cage fusions. Meeting of the International Society for the Study of the Lumbar Spine, 25-29 June 1996, Burlington, Vt, p225.
20. Jost B, Cripton PA, Lund T, Oxland TR, Lippuner K, Jaeger P, et al. Compressive strength of interbody cages in the lumbar spine: the effect of cage shape, posterior instrumentation and bone density. *Eur Spine J* 1998, 7:132-141.
21. Kuslich SD, Ulstrom CL, Griffith SL, Ahern JW, Dowdle JD. The Bagby and Kuslich method of lumbar interbody fusion. History, techniques and 2-years follow-up results of a United States prospective, multicenter trial. *Spine* 1998, 23:1267-1278.
22. Lund T, Oxland TR, Jost B, Cripton P, Grassmann S, Etter C, et al. Inter body cage stabilization in the lumbar spine: biomechanical evaluation of cage design, posterior instrumentation and bone density. *J Bone Joint Surg Br* 1998, 80:351-359.
23. Nibu K, Panjabi MM, Oxland T, Cholewicki J. Multidirectional stabilizing potential of BAK interbody spinal fusion system for anterior surgery. *J Spinal Disord* 1997, 10:357-362.
24. Nibu K, Panjabi MM, Oxland T, Cholewicki J. Inter vertebral

- disc distraction with a laparoscopic anterior spinal fusion system. *Eur Spine J* 1998, 7:142-147.
25. O' Dowd JK, Lom K, Mulholland RC, Harris M. BAK cage: Nottingham results. Meeting of the North American Spine Society, October 1998, San Francisco, p16.
 26. Oxland TR, Lund T, Jost B, Cripton P, Lippuner K, Jaeger P, et al. The relative importance of vertebral bone density and disc degeneration in spinal flexibility and inter implant performance. An in vitro study. *Spine* 1996, 21:2558-2569.
 27. Oxland TR, Hoffer Z, Nydegger T, Rathonyi GC, Nolte LP. Comparative biomechanical investigation of anterior lumbar interbody cages: central and bilateral insertion. Meeting of the Orthopaedic Research Society, 16-19 March 1998, New Orleans, p251.
 28. Panjabi MM. Biomechanical evaluation of spinal fixation devices. A conceptual framework. *Spine* 1998, 13:1129-1134.
 29. Rathonyi GC, Oxland TR, Gerich U, Grassmann S, Nolte LP. The role of supplemental translamina screws in anterior lumbar interbody fixation: a biomechanical study. *Eur Spine J* 1998 7:400-407.
 30. Ray CD. Threaded titanium cages for lumbar interbody fusions. *Spine* 1997, 22:667-679.
 31. Sandhu HS, Turner S, Kabo JM, Kanim LE, Liu D, Nourparvar A, et al. Distractive properties of a threaded interbody fusion device: An in vivo model. *Spine* 1996, 21:1201-1210.
 32. Steffen T, Gagliardi P, Hurrnyag P, Aebi M. Optimal implant-end-plate interface for interbody spinal fusion devices. Meeting of the European Spine Society, 23-27 June 1998, Innsbruck, Austria p4.
 33. Tencer AF, Hampton D, Eddy S. Biomechanical properties of threaded inserts for lumbar interbody spinal fusion. *Spine* 1995, 20:2408-2414.
 34. Whitehouse WJ, Dyson ED, Jackson CK. The scanning electron microscope in studies of trabecular bone from a human vertebral body. *J Anat* 1971, 108:481-496.
 35. Wilder DG, Grobler LJ, Oxland T, Ahern J. Mechanical efficacy of the BAK interbody fusion system: simulated pre and post operative conditions in a Chagha baboon. Meeting of the International Society for the Study of the Lumbar Spine 1993, Marseilles, France, p132.