

# ΕΝΔΑΓΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΑ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΤΗΡΙΚΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ 8 ΕΝΔΟΜΟΣΧΕΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΠΤΩΜΑΤΙΚΕΣ ΑΟΡΤΕΣ.

Dr. ΜΕΛΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, PhD  
ΑΓΓΕΙΟΧΕΙΡΟΥΡΓΟΣ – ΑΓΓΕΙΟΛΟΓΟΣ

Διδάκτωρ Ιατρικής Σχολής ΑΠΘ  
Στρατιωτικός Ιατρός  
Επιστημονικός Συνεργάτης Α' Χ/κής Κλινικής ΑΠΘ  
Αγγειοχειρουργός Ιατρικού Διαβαλκανικού Κέντρου

## Περίληψη

Σκοπός: Η μελέτη της στηρικτικής ικανότητας 8 ενδομοσχευμάτων που χρησιμοποιούνται κατά την ενδοαυλική αποκατάσταση του ΑΚΑ, στο τοίχωμα πτωματικών αορτών.

Μέθοδος: Είκοσι ανθρώπινες πτωματικές αορτές παρασκευάστηκαν για να χρησιμοποιηθούν ως ζώνες στήριξης προσομοιάζοντας ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής. Εκπύχθηκαν 8 είδη ενδομοσχευμάτων, (Anaconda, Excluder, Talent, Endofit, Zenith, Endurant, Powerlink και VI Extender Cuff). Για τη μέτρηση της στηρικτικής ικανότητας εφαρμόστηκε, μέσω δυναμόμετρου, προοδευτικά αυξανόμενη δύναμη (Displacement force - DF) μέχρι το κάθε ενδομόσχευμα να μετακινηθεί εκτός του αορτικού αυχένα. Το ίδιο εφαρμόστηκε και στα λαγόνια σκέλη. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν μετά από διαστολή με αεροθάλαμο.

Αποτελέσματα: Κάθε ενδομόσχευμα κατέγραψε συγκεκριμένη DF: Talent  $16.18 \pm 0.47\text{N}$ , Anaconda  $36.16 \pm 1.30\text{N}$ , Excluder  $22.58 \pm 0.72\text{N}$ , EndoFit  $13.20 \pm 0.75\text{N}$ , Zenith  $39.30 \pm 1.55\text{N}$ , Endurant  $31.75 \pm 2.27\text{N}$ , Endologix  $14.80 \pm 0.70\text{N}$  και VI Extender Cuff  $27.70\text{N}$ . Τα ενδομοσχεύματα με γάντζους ή ακίδες χρειάζονται μεγαλύτερη δύναμη για να μετακινηθούν σε σχέση με αυτά που δεν διαθέτουν τέτοιο μηχανισμό στήριξης ( $p < 0.001$ ). Η διαστολή με αεροθάλαμο διαμόρφωσης αύξησε την απαιτούμενη DF σε όλες τις ενδοπροθέσεις και μάλιστα σε σημαντικότερο βαθμό σε αυτές με γάντζους ή ακίδες ( $p < 0.001$ ). Επιπλέον αυξάνει και τη στηρικτική ικανότητα των λαγονίων σκελών ( $p = 0.007$ ). Τα ενδομοσχεύματα με ελεύθερο υπερνεφρικό ενδονάρθηκα, κατέγραψαν ελαφρώς μεγαλύτερη DF από τα υονεφρικά ενδομοσχεύματα ( $p = 0.90$ ). Το BE VI Extender cuff εμφανίζει κεντρικά και περιφερικά DF μεγαλύτερη του μέσου όρου των αυτοδιατεινόμενων ενδομοσχευμάτων.

Συμπεράσματα: Οι ακίδες – γάντζοι και η διαστολή με αεροθάλαμο αυξάνουν τη στηρικτική ικανότητα. Το υπερνεφρικό stent δεν επηρεάζει από μόνο του τη στηρικτική ικανότητα.

## Εισαγωγή

Κατά την ενδαγγειακή αντιμετώπιση του ΑΚΑ, τα ενδομοσχεύματα δεν συρράπτονται στο υγιές αρτηριακό τοίχωμα, αντίθετα στηρίζονται και σφραγίζουν εκμεταλλευόμενα ιδιαίτερες μηχανικές τους ιδιότητες. Εισάγονται από τις μηριαίες αρτηρίες συμπιεσμένα εντός του θηκαριού τους και προωθούνται υπό ακτινοσκοπικό έλεγχο στο ύψος του ανευρύσματος, υπερκαλύπτοντας το κεντρικά και περιφερικά. Στη συνέχεια εκπύσσονται με την αφαίρεση του θηκαριού και κατά αυτόν τον τρόπο αποκλείουν εσωτερικά τον ανευρυσματικό σάκο από την αιματική ροή με αποτέλεσμα

την μείωση της πίεσης εντός αυτού (αποσυμπίεση-depressurization) και άρα την σμίκρυνσή του και την αποφυγή της ενδεχόμενης ρήξης του, αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο την φυσική εξέλιξη της νόσου.<sup>1,2,3</sup>

Η ασφαλής συγκράτηση και επαφή του ενδομοσχεύματος κεντρικά στον αυχένα του ανευρύσματος (κεντρική ζώνη στήριξης ή ζώνη επαφής) αλλά και περιφερικά στις λαγόνιες αρτηρίες (περιφερικές ζώνες στήριξης ή ζώνες επαφής), έχει μεγάλη σημασία για να επιτευχθούν καλά μακροπρόθεσμα αποτελέσματα και να αποφευχθεί η ρήξη. Αποτυχία στο να επιτύχουμε επαρκή και ασφαλή στήριξη και επαφή οδηγεί άμεσα ή απώτερα σε μετανάστευση ή και ενδοδιαφυγή, με αποτέλεσμα την παραμονή αιματικής ροής εντός του ανευρυσματικού σάκου (re-pressurization). Μετανάστευση, σύμφωνα με τον ορισμό του Greenberg<sup>4</sup> ορίζεται η μετακίνηση του ενδομοσχεύματος πάνω από 10 mm σε σχέση με σταθερά ανατομικά σημεία του αγγειακού άξονα, όπως η άνω μεσεντέριος αρτηρία ή οι νεφρικές αρτηρίες για κεντρική μετανάστευση και η έκφυση της έσω λαγονίου αρτηρίας για περιφερική. Η μετανάστευση είναι ουσιαστικά το αποτέλεσμα της απώλειας της στήριξης του ενδομοσχεύματος από το αορτικό τοίχωμα.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες αναφορές σχετικά με τη στήριξη των ενδομοσχευμάτων και τον σχετικό κίνδυνο μετανάστευσης αλλά και με τους παράγοντες που την επηρεάζουν. Τέτοιοι παράγοντες είναι συστηματικοί, ανατομικοί και κατασκευαστικοί του ενδομοσχεύματος: η αρτηριακή υπέρταση και το κάπνισμα, η μέγιστη διάμετρος του ΑΚΑ, η αρχική διάμετρος του κεντρικού αυχένα, η κεντρική διάμετρος του ενδομοσχεύματος, το μήκος του κεντρικού αυχένα στήριξης, η απόσταση τοποθέτησης του ενδομοσχεύματος από τις νεφρικές αρτηρίες, ο τύπος του ενδομοσχεύματος (υπερνεφρικός ενδονάρθηκας, ακτινική τάση, γάντζοι, ακίδες, επιμήκης στηρικτική δύναμη, υλικό κατασκευής του σκελετού), η υπερδιάταση του ενδομοσχεύματος (oversizing), το ακατάλληλο σχήμα-μορφή κεντρικού αυχένα (unfavorable neck), η απώτερη διάταση του κεντρικού αυχένα του ανευρύσματος, η ανεπαρκής στήριξη στις λαγόνιες αρτηρίες, και ενδεχομένως και άλλοι άγνωστοι ή λιγότερο σημαντικοί.<sup>5,6</sup>

Κάποιοι ερευνητές προσπάθησαν να απομονώσουν το μηχανικό παράγοντα που συμβάλλει στη στήριξη της ενδοπρόθεσης και να αξιολογήσουν την κεντρική στηρικτική ικανότητα ενάντια σε ουραία μετακίνηση κυρίως σε αορτές ζώων.<sup>7-14</sup> Όμως οι περισσότερες από τις σύγχρονες ενδοπρόθεσεις δεν έχουν μετρηθεί ως προς τη στηρικτική τους ικανότητα. Μάλιστα μέχρι σήμερα δεν έχει αξιολογηθεί αν επηρεάζει στη στήριξη και πόσο η διαστολή με αεροθάλαμο διαμόρφωσης (molding balloon) στον κεντρικό και περιφερικό αυχένα. Επιπλέον, δεν έχει διερευνηθεί μέχρι σήμερα η στηρικτική ικανότητα των σκελών των ενδομοσχευμάτων ενάντια σε κεφαλική μετακίνηση, η οποία φαίνεται ότι διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην αποφυγή της μετανάστευσης και της ενδοδιαφυγής.<sup>15-17</sup>

Η συγκεκριμένη πειραματική μελέτη προσπαθεί να απομονώσει το μηχανικό παράγοντα στήριξης κάθε διαθέσιμης ενδοπρόθεσης και να μετρήσει την απαραίτητη δύναμη μετακίνησης που απαιτείται να ασκηθεί τόσο κεντρικά όσο και περιφερικά, ώστε να αποσταθεροποιήσει το ενδομόσχευμα από τις ζώνες στήριξης. Για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν όλες οι διαθέσιμες στην Ευρωπαϊκή αγορά ενδοπρόθεσεις. Ποιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν 7 αυτοεκπτυσσόμενες [Anaconda (Vascutek, Inchinnan, Scotland, UK), EndoFit aorto-uni-iliac (LeMaitre Vascular, Burlington, MA, USA), Endurant (Medtronic, Minneapolis, MN, USA), Powerlink (Endologix, Irvine, CA, USA), Excluder (Gore Medical, Flagstaff, AZ, USA), Talent (Medtronic, Minneapolis, MN, USA), and Zenith (Cook Medical, Bloomington, IN, USA)] και μια εκπτυσσόμενη με αεροθάλαμο (VI extender cuff (Vascular innovation, Inc. Toledo, USA)). Μάλιστα, για πρώτη φορά μετρήθηκε η στηρικτική ικανότητα των περισσότερων ενδοπρόθεσεων σε ανθρώπινες πτωματικές αορτές "in situ". Επιπλέον, πρώτη φορά αξιολογήθηκε η επίδραση της διαστολής με αεροθάλαμο στη στηρικτική ικανότητα των ενδομοσχευμάτων. Τέλος, για πρώτη φορά μετρήθηκε η

στηρικτική ικανότητα των λαγονίων σκελών των ενδοπροθέσεων και η συνεισφορά της στη συνολική στήριξη της ενδοπρόθεσης.

## Μέθοδος

Χρησιμοποιήσαμε 20 ανθρώπινες πτωματικές αορτές από το νεκροτομείο της ιατροδικαστικής υπηρεσίας του ΑΠΘ. Απαραίτητες προϋποθέσεις για τη χρήση κάποιας αορτής ήταν: έλευση λιγότερο από 24 ώρες από την ώρα θανάτου, απουσία ενδοκοιλιακού τραύματος, ακέραιη αορτή, λαγόνιες και μηριαίες αρτηρίες και απουσία σήψης. Έγγραφη συγκατάθεση συμπληρώθηκε από τους συγγενείς όλων των θανόντων.

Για τη μέτρηση της δύναμης (Displacement Force – DF) που απαιτείται για να μετακινηθεί κάθε ενδομόσχευμα ή σκέλος του χρησιμοποιήθηκε το δυναμόμετρο Mecmesin BFG 200 (Mecmesin Limited, Newton House, West Sussex UK, [www.mecmesin.com](http://www.mecmesin.com)). Το δυναμόμετρο έχει πιστοποιηθεί για τη χρήση του σε ιατρικές εφαρμογές.<sup>18</sup> Πλεονέκτημά του είναι ότι έχει την ιδιότητα να αυξάνει προοδευτικά την απόλυτη τιμή δύναμης (ανά 0,05 N) που εφαρμόζει μέχρι να επιφέρει την πλήρη μετακίνηση. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα στήριξης σε ειδικό stand, ώστε να αποφεύγεται η παραμικρή μετακίνηση του δυναμόμετρου κατά την εφαρμογή προοδευτικά αυξανόμενης δύναμης έλξης επί των ενδομοσχευμάτων. Η σύνδεσή του με το εκάστοτε ενδομόσχευμα έγινε μέσω ενός ανένδοτου ισχυρού ράμματος.

Η διαδικασία προετοιμασίας κάθε αορτής ήταν η ακόλουθη: μετά από μέση υπερυπομφάλιο λαπαροτομία και μέση στερνοτομή ανασπάστηκε το λεπτό και παχύ έντερο ώστε να διατηρούνται στη θέση τους η AMA και ΚΜΑ και έγινε ανάσπαση του στομάχου προς το διάφραγμα για πλήρη έκθεση του οπισθοπεριτοναίου. Παρασκευάστηκε η κοιλιακή αορτή, μετά από διάνοιξη του οπισθίου περιτοναίου, από την AMA μέχρι τις έσω λαγόνιες αρτηρίες. Η ΚΚΦ, οι νεφρικές και οι λαγόνιες φλέβες παρέμειναν στη θέση τους. Η κάτω μεσεντέριος φλέβα απολινώθηκε για να διευκολύνει την έκθεση του κεντρικού τμήματος της κοιλιακής αορτής. Μετά την πλήρη έκθεση της υπό μελέτης αορτής μετρήθηκε η εγκάρσια διάμετρος της υπονεφρικής και στις λαγόνιες αρτηρίες. Καθώς τα επιλεγμένα ενδομοσχεύματα είχαν σκόπιμα «μικρές» κεντρικές διαμέτρους 23 – 25 mm και περιφερικά σκέλη διαμέτρου 12 – 16 mm, αορτές με κεντρική διάμετρο < 19 mm ή > 22 mm αποκλείστηκαν. Το ίδιο και για τις κοινές λαγόνιες αρτηρίες, αποκλείστηκαν περιπτώσεις με διάμετρο κ. λαγονίων < 9 mm και > 14 mm. Επιπλέον αποκλείστηκαν περιπτώσεις με πορσελανοειδή αορτή ή εκσεσημασμένη επασβέστωση κοινών λαγονίων αρτηριών. Άλλωστε η κυκλοτερής επασβέστωση αποτελεί αντένδειξη για ενδαγγειακή αποκατάσταση. Ακολούθησε εγκάρσια διατομή της υπονεφρικής αορτής 20 mm περιφερικότερα της χαμηλότερης νεφρικής αρτηρίας. Δεύτερη εγκάρσια διατομή ακολούθησε στο ύψος του αορτικού διχασμού προς τις λαγόνιες αρτηρίες (τελική αορτή). Το τμήμα αυτό της αορτής μεταξύ των δύο εγκάρσιων διατομών αφαιρέθηκε. Έτσι, το κενό τμήμα προσομοιάζει τον ανευρυσματικό σάκο, ως επί ΑΚΑ (εικόνα 1). Τόσο η υπονεφρική αορτή που παρέμεινε όσο και οι λαγόνιες αρτηρίες χρησιμοποιήθηκαν ως κεντρική και περιφερικές ζώνες στήριξης.<sup>9</sup> Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας αλλά και των πειραμάτων η θερμοκρασία στο τοίχωμα της αορτής διατηρήθηκε στους 37 βαθμούς Κελσίου, με τη βοήθεια περιοδικής έκπλυσης στο κύτος της κοιλίας αλλά και στα ενδομοσχεύματα, με ζεστό ορό και χρήση θερμομέτρου.<sup>10,11</sup> Αυτό, όπως δηλαδή επί ζώντος οργανισμού, προάγει την ορθή έκπτυξη των αυτοεκπτυσσόμενων ενδομοσχευμάτων από νιτινόλη. Ακολούθως παρασκευάζονταν και οι δύο κοινές μηριαίες αρτηρίες αμφω. Η είσοδος και προώθηση των ενδομοσχευμάτων έγινε από τις μηριαίες αρτηρίες επί οδηγών συρμάτων, ακολουθώντας τη διαδικασία που εφαρμόζεται στην κλινική μας αλλά και

τις οδηγίες που προβλέπει ο εκάστοτε κατασκευαστής για το ενδομόσχευμά του, ως επί ζώντος οργανισμού.<sup>19-24</sup> Ο έλεγχος της σωστής τοποθέτησης σε σχέση με τον κεντρικό αυχένα αλλά και η διαδικασία έκπτυξης σώματος και σκελών, έγινε επισκοπικά δια του κύτους της κοιλίας, καθώς η χρήση ακτινοσκοπικού μηχανήματος στο νεκροτομείο ήταν απαγορευτική.

Οι ενδοπροθέσεις / σκέλη που μετρήθηκαν ήταν: 7 αυτοεκπτυσσόμενες (Anaconda, EndoFit aorto-uni-iliac, Endurant, Powerlink, Excluder, Talent, και Zenith) και μια εκπτυσσόμενη με αεροθάλαμο (VI extender cuff). Οι αυτοδιατεινόμενες μετρήθηκαν 3 φορές για κάθε κατηγορία και τα αποτελέσματα υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση. Το διατεινόμενο με αεροθάλαμο (balloon expandable) VI Extender cuff δεν συμπεριλαμβάνεται στη στατιστική ανάλυση καθώς διαθέταμε ένα ενδομόσχευμα για κεντρική και ένα για λαγόνια έκπτυξη και άρα από μία μέτρηση. Τέλος ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε η κλασική αναστόμωση PTFE πρόθεσης (εικόνα 2) κεντρικά υπονεφρικά και περιφερικά στη λαγόνιο αρτηρία στην οποία ασκήθηκε δύναμη μετακίνησης με τον ίδιο τρόπο για να ελεγχθεί η αντοχή της αναστόμωσης αλλά και της ίδιας της αορτής / λαγονίου.

Μετά την έκπτυξή τους σε κάθε ενδομόσχευμα συρράφτηκε ανελαστικό ισχυρό ράμμα (non-absorbable coated braided polyester suture), το οποίο συνδέθηκε στο δυναμόμετρο. Εφαρμόστηκε προοδευτικά αυξανόμενη δύναμη μετακίνησης (Displacement Force – DF) με τη βοήθεια ειδικού “test stand”, πάνω στο οποίο ήταν σταθεροποιημένο το δυναμόμετρο (εικόνα 3). Το “test stand” έχει την ιδιότητα να μετακινεί το δυναμόμετρο εφαρμόζοντας αντίστοιχη δύναμη μετακίνησης μέσω του ράμματος στο ενδομόσχευμα. Η τιμή της εφαρμοζόμενης δύναμης που προκαλούσε περιφερική μετακίνηση της ενδοπρόθεσης μεγαλύτερη από 20 mm (δηλ. εκτός του προκατασκευασμένου υπονεφρικού αυχένα) ονομάστηκε Δύναμη Μετακίνησης (Displacement Force – DF). Αντίστοιχα, η τιμή της εφαρμοζόμενης δύναμης που προκαλούσε κεντρική μετακίνηση του λαγονίου σκέλους μεγαλύτερη από 20 mm (δηλ. εκτός της προκατασκευασμένης περιφερικής λαγόνιας ζώνης στήριξης) ονομάστηκε επίσης Δύναμη Μετακίνησης (Displacement Force – DF). Επανάληψη όλων των μετρήσεων έγινε και μετά από διαστολή στις ζώνες στήριξης με αεροθάλαμο διαμόρφωσης χαμηλών πιέσεων (Reliant molding balloon (Medtronic, Minneapolis, MN, USA)) για να αξιολογηθεί η συμβολή της διαστολής στη μεταβολή της DF. Καμία πτωματική αορτή δεν χρησιμοποιήθηκε πάνω από 3 φορές και μάλιστα τα ενδομοσχεύματα που διέθεταν γάντζους ή ακίδες μετρήθηκαν τελευταία λόγω της αναμενόμενης κάκωσης που θα προκαλούσαν στο αρτηριακό τοίχωμα.<sup>7-14</sup> Στον πίνακα 1 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ενδομοσχευμάτων.

## Στατιστική ανάλυση

Όλες οι καταγεγραμμένες μετρήσεις αναλύθηκαν με τη χρήση του Shapiro-Wilk ή Kolmogorov-Smirnov test ανάλογα το μέγεθος της κατανομής για την αξιολόγηση της κανονικότητας της κατανομής. Ενδιάμεσες τιμές και εύρος (Median and range) δίδετε στις μη κανονικές κατανομές και μέση τιμή και διακύμανση (mean and standard deviation (SD)) στις κανονικές κατανομές. Τα στατιστικά κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το Wilcoxon (paired non-parametric data), το Mann Whitney (independent non-parametric data) και το Student’s T test (paired parametric data) για σύγκριση διαφορών μεταξύ 2 ομάδων, ενώ για σύγκριση μεταξύ περισσότερων ομάδων χρησιμοποιήθηκε το ANOVA. Τιμές  $p < 0.05$  θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές.

## Αποτελέσματα

Η μέση ηλικία των υπό εξέταση πτωμάτων ήταν 57 ετών (range: 51-84 years; 14 άνδρες). Σε 6 ανευρέθηκε στο ιστορικό στεφανιαία νόσος, σε 8 αρτηριακή υπέρταση, σε 9 υπερλιπιδαιμία και 12 ήταν καπνιστές. Η μέση υπονεφρική διάμετρος των αορτών ήταν 20.5 mm (range: 19.2 – 21.9 mm). Οι πτωματικές αορτές χωρίστηκαν σε 3 ομάδες ανάλογα με τη βαρύτητα της αρτηριοσκλήρυνσης: ελάχιστη (n=6), μέτρια (n=7) και σημαντική (n=7). Κάθε ενδομόσχευμα εκπτώχθηκε και στους 3 αορτικούς τύπους. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 2.

Η ενδοπρόθεση Zenith κατέγραψε την υψηλότερη δύναμη μετακίνησης (DF) που ασκήθηκε στον κεντρικό υπονεφρικό αυχένα με ουραία φορά μετά από πλήρη έκπτυξη και μετά από διαστολή με αεροθάλαμο απαραίτητη για να μετακινήσει την ενδοπρόθεση > 20mm ( $p<0.001$ , ANOVA; mean DF:  $39.30 \pm 1.55$  N). Η ενδοπρόθεση Anaconda κατέγραψε τη δεύτερη υψηλότερη αντίστοιχη δύναμη μετακίνησης (DF) (mean:  $36.16 \pm 1.30$  N). Η ενδοπρόθεση EndoFit κατέγραψε τη χαμηλότερη αντίστοιχη δύναμη μετακίνησης (DF) (mean:  $13.20 \pm 0.75$  N). Οι τιμές των υπολοίπων ενδοπροθέσεων φαίνονται στον πίνακα 2.

Τα ενδομοσχεύματα με γάντζους – ακίδες (Hooks – barbs) δηλ. τα Anaconda, Excluder, Zenith και Endurant, μετά από πλήρη έκπτυξη και διαστολή με αεροθάλαμο, κατέγραψαν σημαντικά μεγαλύτερη DF απαραίτητη για να μετακινήσει την ενδοπρόθεση > 20mm και άρα εμφανίζουν σημαντικά μεγαλύτερη στηρικτική ικανότητα από τα ενδομοσχεύματα χωρίς γάντζους – ακίδες (Hookless) δηλ. των Talent, Endofit AUI και Powerlink. Η διαφορά στην DF ήταν στατιστικά σημαντική [ $p<0.001$ , Mann-Whitney test, median: 36.10 N (range: 21.85 – 40.90 N) versus median: 14.80 N (range: 12.50 – 16.65 N)] (πίνακας 3).

Τόσο στα ενδομοσχεύματα με γάντζους ή ακίδες (Anaconda, Excluder, Zenith και Endurant), όσο και σε αυτά που δεν διαθέτουν τέτοιο στηρικτικό μηχανισμό (Talent, Endofit AUI και Powerlink), η διαστολή με αεροθάλαμο διαμόρφωσης στην κεντρική ζώνη στήριξης αυξάνει την απαιτούμενη δύναμη μετακίνησης DF και άρα τη στηρικτική ικανότητα και η αύξηση είναι στατιστικά σημαντική. Έτσι για τα πρώτα καταγράφηκε πριν και μετά διαστολής  $p<0.001$  (paired samples T test, mean:  $26.97 \pm 6.44$  N versus  $32.45 \pm 6.71$  N) και για τα δεύτερα  $p=0.003$  (paired samples T test, mean:  $13.58 \pm 1.46$  versus mean:  $14.72 \pm 1.41$ ) (πίνακας 3). Μάλιστα σε αυτά που διαθέτουν γάντζους ή ακίδες η αύξηση της DF μετά από διαστολή ήταν πιο έντονη.

Τα ενδομοσχεύματα με ελεύθερο υπερνεφρικό ενδονάρθηκα (suprarenal fixation) δηλ. τα Talent, AUI Endofit, Zenith, Endurant, μετά από πλήρη έκπτυξη και διαστολή με αεροθάλαμο, δεν κατέγραψαν μεγαλύτερη DF και άρα στηρικτική ικανότητα από τα ενδομοσχεύματα που δεν έχουν υπερνεφρικό ενδονάρθηκα (infrarenal fixation) δηλ. των Anaconda, Excluder και Powerlink μαζί. Η διαφορά στην DF δεν ήταν στατιστικά σημαντική [ $p=0.90$ , Mann Whitney Test, median: 22.60 (range: 14.10 – 37.50 N) versus median: 16.20 N (range: 12.50 – 40.90 N)] (πίνακας 3).

Όσον αφορά στην περιφερική στηρικτική ικανότητα των λαγονίων σκελών, τα σκέλη του ενδομοσχεύματος Anaconda μετά από έκπτυξη και διαστολή με αεροθάλαμο κατέγραψαν τη μεγαλύτερη DF απαραίτητη για να μετακινήσει το σκέλος > 20mm ( $p<0.001$ , ANOVA,  $14.58 \pm 0.68$  N). Τη δεύτερη μεγαλύτερη DF κατέγραψε το σκέλος της ενδοπρόθεσης Excluder (mean:  $10.51 \pm 0.40$  N), ενώ τη χαμηλότερη DF εμφάνισε το σκέλος Powerlink (mean:  $4.93 \pm 0.50$  N) – Οι τιμές των υπολοίπων σκελών φαίνονται στον πίνακα 2.

Η διαστολή με αεροθάλαμο διαμόρφωσης στην περιφερική ζώνη στήριξης στα λαγόνια σκέλη (όπως και στον υπονεφρικό αυχένα) αυξάνει την απαιτούμενη δύναμη μετακίνησης DF και άρα τη στηρικτική ικανότητα των σκελών και η αύξηση είναι στατιστικά σημαντική [ $p=0.007$ , Wilcoxon Test, median: 9.50 N (range: 4.55 – 15.30 N) versus median: 9.05 N (range: 4.35 – 14.10 N)].

Το διατεινόμενο με αεροθάλαμο (balloon expandable) VI Extender cuff δεν συμπεριλαμβάνεται στη στατιστική ανάλυση καθώς διαθέταμε ένα ενδομόσχευμα για κεντρική και ένα για λαγόνια έκπτυξη και άρα από μία μέτρηση. Αξιοσημείωτο είναι

πάντως, ότι εμφανίζει κεντρικά και περιφερικά DF μεγαλύτερη του μέσου όρου των αυτοδιατεινόμενων ενδομοσχευμάτων/σκελών (DF 27.70 / 25.20 N). Βέβαια υπάρχουν Self Expanding ενδοπροθέσεις με προηγμένο κεντρικό στηρικτικό σύστημα (Anaconda, Zenith, Endurant) που ατομικά εμφανίζουν υψηλότερη DF από το VI Extender cuff.

Η κλασική PTFE πρόθεση (Hand sewn) χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας και όταν η συρραφή έγινε κεντρικά στον υπονεφρικό αυχένα κατέγραψε median DF 76.20 N (range 66.40-79.00N), ενώ όταν η συρραφή έγινε περιφερικά στη λαγόνιο αρτηρία κατέγραψε median DF 60.40 N (range 53.50-62.70N).

## Συζήτηση

Στη συγκεκριμένη μελέτη γίνεται προσπάθεια αξιολόγησης της ικανότητας στήριξης 8 ενδομοσχευμάτων (επτά αυτοδιατεινόμενων και ενός διατεινόμενου με αεροθάλαμο) στο τοίχωμα ανθρώπινων πτωματικών αορτών, σε σχέση με την κλασική αναστόμωση με πρόθεση PTFE. Στον πίνακα 1 φαίνεται ότι κάθε ένα από αυτά χρησιμοποιεί διαφορετικό στηρικτικό μηχανισμό για να επιτύχει τη συγκράτησή του. Το ενδομόσχευμα Zenith (αρθρωτό διχαλωτό 3 τμημάτων με σκελετό Z-stent, υπερνεφρική στήριξη και μακριές ακίδες 3 mm) κατέγραψε την υψηλότερη δύναμη μετακίνησης DF μετά από πλήρη έκπτυξη και άρα την υψηλότερη στηρικτική ικανότητα ενάντια σε ουραία μετακίνηση. Γενικά, τα ενδομοσχεύματα με γάντζους ή ακίδες (πίνακας 3) κατέγραψαν σημαντικά υψηλότερη δύναμη μετακίνησης στο συγκεκριμένο μοντέλο σε σχέση με αυτά που δεν διαθέτουν τέτοιο μηχανισμό στήριξης. Η διαστολή με αεροθάλαμο χαμηλών πιέσεων (διαμόρφωσης – molding balloon) στις ζώνες στήριξης προκάλεσε σημαντική αύξηση στη δύναμη μετακίνησης και άρα στη στηρικτική ικανότητα των ενδομοσχευμάτων αλλά και των σκελών τους. Αντίθετα οι ενδοπροθέσεις με ελεύθερο υπερνεφρικό ενδονάρθηκα (stent) δεν κατέγραψαν σημαντικά υψηλότερη δύναμη μετακίνησης σε σχέση με αυτές που στηρίζονται υπονεφρικά (πίνακας 3).

Προηγούμενες μελέτες σε υπολογιστικό μοντέλο έδειξαν ότι οι ενδοπροθέσεις πρέπει να αντέχουν σε άσκηση σφυγμικής δύναμης 3.8 – 6 N σε ανευρυσματική αορτή με «φιλική» ανατομία και 14 N σε «εχθρική» ανατομία (πχ. έντονη γωνίωση αυχένα).<sup>25,26</sup> Όλες οι ενδοπροθέσεις στο εν λόγω μοντέλο κατέγραψαν δυνάμεις μετακίνησης μεγαλύτερες από αυτές τις τιμές.

Το γεγονός ότι οι ενδοπροθέσεις Zenith και Anaconda κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές DF και άρα εμφάνισαν την καλύτερη στηρικτική ικανότητα, μπορεί ίσως να αιτιολογηθεί από το γεγονός ότι διαθέτουν ισχυρές ακίδες – γάντζους στον κεντρικό στηρικτικό μηχανισμό τους. Προηγούμενες μελέτες απέδειξαν ότι τέτοια μηχανικά χαρακτηριστικά αυξάνουν σημαντικά τη στήριξη.<sup>7-9</sup> Το Zenith, επιπρόσθετα από τις 10 μακριές (3mm) και ισχυρές ακίδες του, διαθέτει και τον μακρύτερο υπερνεφρικό ενδονάρθηκα 26 mm. Σε προηγούμενες μελέτες αναφέρεται ότι ο υπερνεφρικός ενδονάρθηκας (suprarenal stent – suprarenal fixation) μειώνει την πιθανότητα μετανάστευσης των ενδοπροθέσεων,<sup>27-30</sup> αν και στη δική μας δεν αποδείχθηκε ότι τα ενδομοσχεύματα με υπερνεφρική στήριξη απαιτούν σημαντικά μεγαλύτερη δύναμη για να μετακινηθούν (πίνακας 3). Ενδεχομένως το μακρύ σώμα της ενδοπρόθεσης Zenith συμβάλει στην υψηλή στηρικτική ικανότητα αυξάνοντας την επιμήκη στήριξη. Ο Resch και συν.<sup>11</sup> και ο Veerapen και συν.<sup>31</sup> απέδειξαν ότι η συγκεκριμένη ενδοπρόθεση έχει υψηλότερη στηρικτική ικανότητα σε σύγκριση με άλλες αυτοδιατεινόμενες ενδοπροθέσεις. Η ενδοπρόθεση Anaconda κατέγραψε τη δεύτερη υψηλότερη δύναμη μετακίνησης και άρα τη δεύτερη στηρικτική ικανότητα. Ο κεντρικός στηρικτικός της μηχανισμός περιλαμβάνει 4 ζεύγη ισχυρούς μεταλλικούς γάντζους 2 mm μήκους. Επιπλέον ο κεντρικός υπονεφρικός ενδονάρθηκας δεν είναι τύπου Z, όπως σε όλες τις υπόλοιπες, αλλά διπλός κυκλικός δίκην στόματος ψαριού (fish mouth) ενισχύοντας τη στήριξη λόγω της αυξημένης ακτινικής τάσης. Ο

Bosman και συν.<sup>32</sup> πρόσφατα αξιολόγησαν τη στηρικτική ικανότητα των Anaconda, Endurant και Excluder σε παρόμοια μελέτη και βρήκαν ότι την υψηλότερη στηρικτική ικανότητα κατέγραψε το Anaconda, ακολουθούμενο από τα άλλα δύο, αποτέλεσμα που συμβαδίζει με το δικό μας. Το ενδομόσχευμα Endurant διαθέτει 5 ζεύγη από ακίδες μήκους 2 mm, και ελεύθερο υπερνεφρικό ενδονάρθηκα τύπου M μήκους 15 mm. Ενδεχομένως η χαμηλότερη στηρικτική ικανότητα σε σχέση με το Zenith μπορεί να δικαιολογηθεί από το μικρότερο μήκος ακίδων (2 αντί 3 mm), το μικρότερο μήκος του υπερνεφρικού stent (15 αντί 26mm), το μικρότερο μήκος σώματος και του υλικού κατασκευής (νιτινόλη αντί ανοξειδωτος χάλυβας). Η ενδοπρόθεση Excluder έχει δοκιμαστεί μεμονωμένα σε προηγούμενες μελέτες<sup>31,32</sup> και έχει καταγράψει χαμηλότερη DF σε σχέση με τα Zenith, Anaconda και Endurant. Αυτή διαθέτει 8 ζεύγη 2 mm μήκους ακίδες από νιτινόλη αλλά όχι υπερνεφρικό ενδονάρθηκα. Τα αποτελέσματα που καταγράψαμε για την ενδοπρόθεση Talent, συμβαδίζουν με αυτά των Resch και συν.<sup>11</sup> και Veerapen και συν.<sup>31</sup> Το γεγονός ότι δεν διαθέτει μηχανισμό με ακίδες ή γάντζους, αν και έχει 15 mm μήκους υπερνεφρικό ενδονάρθηκα, την κατατάσσουν σε αυτές με σχετικά χαμηλότερη στηρικτική ικανότητα. Το ενδομόσχευμα Powerlink Endologix κατέγραψε σχετικά χαμηλή δύναμη μετακίνησης στη συγκεκριμένη μελέτη. Αυτό φέρει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του μακρού σώματος με ενιαίο σκελετό που του δίνει τη δυνατότητα επικαθήμενου στον αορτικό διχασμό να στηρίζεται ουσιαστικά στην τελική αορτή. Όμως επειδή στη μελέτη μας δεν διαθέταμε τις απαραίτητες κεντρικές αορτικές επεκτάσεις το ενδομόσχευμα δεν τοποθετήθηκε επικαθήμενο στον αορτικό διχασμό, αλλά αναρτώμενο στον υπονεφρικό αυχένα όπως και όλα τα υπόλοιπα, χάνοντας έτσι το μεγάλο πλεονέκτημα της ειδικής του στήριξης. Σαφώς λοιπόν πιστεύουμε ότι οι τιμές της στηρικτικής του ικανότητας δεν αντικατοπτρίζουν την in vivo συμπεριφορά του. Το αορτομονολαγόνιο ενδομόσχευμα Endofit δεν διαθέτει ακίδες ή γάντζους αλλά χρησιμοποιεί υπερνεφρικό ενδονάρθηκα. Αν και κατέγραψε τη χαμηλότερη DF το ποσοστό μετανάστευσης σε αναδρομικές μελέτες με χρήση αυτού του ενδομοσχεύματος δεν υπερβαίνει αυτό των υπολοίπων ενδοπροθέσεων.<sup>21-23</sup>

Γενικά η παρουσία ακίδων ή γάντζων παρατηρήθηκε ότι αυξάνει τη στηρικτική ικανότητα των ενδοπροθέσεων. Μάλιστα αν και στην πειραματική μελέτη παρατηρήθηκε ότι κατά την έλξη τέτοιων ενδομοσχευμάτων η αορτή υπέστη ενδοθηλιακό τραυματισμό, in vivo δεν έχουν καταγραφεί σχετικές συνέπειες.<sup>20</sup> Η διαστολή στις ζώνες στήριξης κεντρικά και περιφερικά με αεροθάλαμο χαμηλής πίεσης (molding balloon), αποδείχτηκε ότι αυξάνει την απαιτούμενη δύναμη μετακίνησης των ενδομοσχευμάτων και μάλιστα λίγο περισσότερο αυτών που διαθέτουν ακίδες – γάντζους. Ενδεχομένως με τη μορφοποίηση που ασκεί ο αεροθάλαμος πιέζει τις ακίδες περισσότερο στο αορτικό τοίχωμα ή απλά το πρώτο stent. Η χρήση του μέχρι τώρα έχει περιοριστεί στην αντιμετώπιση ενδοδιαφυγής τύπου I, αλλά φαίνεται ότι πιθανώς μπορεί να βελτιώσει και τη στηρικτική ικανότητα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιείται αδιακρίτως σε όλα τα περιστατικά. Σχετικά με τη συμβολή του ελεύθερου υπερνεφρικού ενδονάρθηκα, στη συγκεκριμένη μελέτη βρέθηκε ότι τα ενδομοσχεύματα που τον διαθέτουν δεν κατέγραψαν μεγαλύτερη DF σε σχέση με τα υπόλοιπα. Βέβαια η ενδοπρόθεση Zenith που διαθέτει το μακρύτερο υπερνεφρικό ενδονάρθηκα κατέγραψε και τη μεγαλύτερη DF. Ίσως το πιο σωστό θα ήταν να μετρηθεί η κάθε ενδοπρόθεση ξεχωριστά με και χωρίς τον υπερνεφρικό της ενδονάρθηκα και έτσι να φανεί πραγματικά η συμβολή του στη στήριξη.

Άλλη μια σημαντική παράμετρος της μελέτης είναι η αξιολόγηση της περιφερικής στηρικτικής ικανότητας των λαγονίων σκελών ενάντια σε κεφαλική μετακίνηση. Ο κίνδυνος κεφαλικής μετανάστευσης των λαγονίων σκελών έχει αναφερθεί και από προηγούμενες μελέτες.<sup>15-17</sup> Τα σκέλη Anaconda κατέγραψαν την υψηλότερη στηρικτική ικανότητα ενάντια σε κεφαλική φορά μετακίνησης. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί εν μέρει να δικαιολογηθεί από τη διαμόρφωση των ενδοναρθήκων αυτών των σκελών που δεν είναι Z τύπου αλλά κυκλικά δίκην

στόματος ψαριού όπως ακριβώς και στο κεντρικό τμήμα της ενδοπρόθεσης. Αυτή η συγκεκριμένη διαμόρφωση φαίνεται ότι ανθίσταται περισσότερο σε όποια προσπάθεια μετακίνησης.

Περιορισμοί της μελέτης αποτελούν: 1) Οι πτωματικές αρτές δεν ήταν ανευρυσματικές και επιπλέον δεν εμφάνιζαν ελίκωση ή γωνίωση όπως ενίοτε συμβαίνει επί ΑΚΑ. 2) Η δύναμη μετακίνησης που ασκήθηκε σε κάθε ενδομόσχευμα δεν ήταν σφυγμική λόγω του περιορισμού του πρωτοκόλλου και άρα δεν αντικατοπτρίζει ακριβώς τις δυνάμεις που ασκούνται in vivo στο ενδομόσχευμα. Βέβαια όλες οι προηγούμενες προσπάθειες ερευνητών που καταλήγουν σε παρόμοιες μετρήσεις χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο.<sup>7-14,32</sup> Αντίθετα, σημαντικό πλεονέκτημα της μελέτης αποτελεί η χρήση ανθρώπινων πτωματικών αρτών in situ. Αυτό μας επέτρεψε να εφαρμόσουμε την ορθή υπερδιάταση στα ενδομοσχεύματα και να τα εκπτώξουμε πλήρως δηλαδή με τα σκέλη τους στις λαγόνιες αρτηρίες αφού τα μήκη αντικατοπτρίζουν τα πραγματικά δεδομένα. Αυτό δεν μπορεί να συμβεί όταν χρησιμοποιηθούν αρτές ζώων που συνήθως είναι μικρότερης διαμέτρου και βραχύτερες σε μήκος.

## **Συμπεράσματα**

Η συγκεκριμένη μελέτη προσπάθησε να αξιολογήσει τη στηρικτική ικανότητα όλων των διαθέσιμων ενδομοσχευμάτων σε πτωματικές αρτές και να απομονώσει ενδεχομένως κάποιους μηχανικούς παράγοντες που συμβάλλουν ή επηρεάζουν τη στήριξη. Οι ενδοπροθέσεις Zenith και Aconada κατέγραψαν την υψηλότερη στηρικτική ικανότητα. Τα ενδομοσχεύματα που φέρουν γάντζους ή ακίδες εμφάνισαν υψηλότερη στηρικτική ικανότητα από αυτά που δεν έχουν τέτοιο χαρακτηριστικό. Η διαστολή με αεροθάλαμο διαμόρφωσης αυξάνει τη στηρικτική ικανότητα. Ο υπερνεφρικός ενδονάρθηκας δεν φαίνεται ότι επηρεάζει τη στήριξη.

## **Βιβλιογραφία**

1. Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD. Transfemoral intraluminal graft implantation for AAA. *Ann Vasc Surg* 1991; 5:491-9.
2. Chuter TA, Green RM, Ouriel K. Transfemoral endovascular aortic graft placement. *JVS* 1993; 19 :924-33.
3. White GH, Yu W, May J, Stephen MS, Waugh RC. A new non stented endoluminal graft for straight or bifurcated endoluminal by-pass. *J Endov Surg* 1994; 1 : 16-24.
4. Greenberg RK, Turc A, Haulon S, Srivastava, S. D., Sarac, T. P., O'Hara, et al. Stentgraft migration: a reappraisal of analysis methods and proposed revised definition. *J Endovasc Ther.* 2004;11:353–363.
5. Chuter TA. The choice of stent-graft for endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2003; 44:519-25.
6. Veith FJ, Marin ML. Guidelines for the development of transluminally placed endovascular graft devices for aortic aneurysm repair. In Hopkinson B, Yusuf W, Whitaker S, Veith F, eds. *Endovascular Surgery for Aortic Aneurysms.* W.B. Saunders Company Limited, 1997: 1–16.
7. Andrews SM, Anson AW, Greenhalgh RM, et al. In vitro evaluation of endovascular stents to assess suitability for endovascular graft fixation. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1995; 9:403– 407.
8. Malina M, Lindblad B, Ivancev K, et al. Endovascular AAA exclusion: will stents with hooks and barbs prevent stent-graft migration? *J Endovasc Surg.* 1998; 5:310– 317.



9. Lambert AW, Williams DJ, Budd JS, et al. Experimental assessment of proximal stent-graft (InterVascular) fixation in human cadaveric infrarenal aortas. *Eur J Endovasc Surg.* 1999; 17: 60–65.
10. Schurink GWH, Aarts NJM, van Baalen JM, et al. Stent attachment site-related endoleakage after stent graft treatment: an in vitro study of the effects of graft size, stent type, and atherosclerotic wall changes. *J Vasc Surg.* 1999; 30: 658–667.
11. Resch T, Malina M, Lindblad B, et al. The impact of stent design on proximal stent-graft fixation in the abdominal aorta: an experimental study. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2000; 20:190– 195.
12. Frank R. Arko, MD, Maarit Heikkinen, MD, Eugene S. Lee, MD, PhD, Arie Bass, MD, Jean Marc Alsac, MD, and Christopher K. Zarins, MD. Iliac fixation length and resistance to in-vivo stent graft displacement. *J Vasc Surg.* 2005; 41:664-71.
13. Maarit A. Heikkinen, Jean Marc Alsac, Frank R. Arko, Riina Metsänoja, Agnis Zvaigzne, and Christopher K. Zarins. The importance of iliac fixation in prevention of stent graft migration. *J Vasc Surg.* 2006; 43:1130-7.
14. Erin H. Murphy, MD; Eric D. Johnson, BS, MS; and Frank R. Arko, MD. Device Specific Resistance to In Vivo Displacement of Stent-Grafts Implanted With Maximum Iliac Fixation *J Endovasc Ther.* 2007; 14:585–592
15. Waasdorp EJ, de Vries JP, Sterkenburg A, et al. The association between iliac fixation and proximal stent-graft migration during EVAR follow-up: mid-term results of 154 Talent devices. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2009; 37:681-7.
16. Heikkinen MA, Alsac JM, Arko FR, Metsänoja R, Zvaigzne A, Zarins CK. The importance of iliac fixation in prevention of stent graft migration. *J Vasc Surg.* 2006; 43:1130-7.
17. Arko FR, Heikkinen M, Lee ES, Bass A, Alsac JM, Zarins CK. Iliac fixation length and resistance to in-vivo stent-graft displacement. *J Vasc Surg.* 2005; 41:664-71.
18. Mercer D. Force testing medical tubing. *Med Device Technol.* 2007; 18:18-20.
19. Saratzis N, Melas N, Saratzis A, et al. Midterm Results of a Modified Technique for Implanting Tube Grafts During Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair. *J Endovasc Ther.* 2008; 15:433-40.
20. Saratzis N, Melas N, Saratzis A, et al. Anaconda Aortic Stent-Graft: Single-Center Experience of a New Commercially Available Device for Abdominal Aortic Aneurysms. *J Endovasc Ther.* 2008; 15:33-41
21. Dalainas I, Moros I, Gerasimidis T, et al. Mid-term comparison of bifurcated modular endograft versus aorto-uni-iliac endograft in patients with abdominal aortic aneurysm. *Ann Vasc Surg.* 2007; 21:339-45.
22. Saratzis N, Melas N, Lioupis A, et al. EndoFit Stent-Graft Repair of Isolated Common Iliac Artery Aneurysms With Short Necks. *J Endovasc Ther.* 2006; 13: 667–671.
23. Lazaridis J, Melas N, Saratzis A, et al. Reporting mid- and long-term results of endovascular grafting for abdominal aortic aneurysms using the aortomoniliac configuration. *J Vasc Surg.* 2009; 50:8-14.
24. Saratzis N, Melas N, Lazaridis J, et al. Endovascular AAA repair with the aortomoniliac EndoFit stent-graft: two years' experience. *J Endovasc Ther.* 2005; 12:280-7.
25. Liffman K, Lawrence-Brown MM, Semmens JB, Bui A, Rudman M, Hartley DE. Analytical modeling and numerical simulation of forces in an endoluminal graft. *J Endovasc Ther.* 2001;8:358- 71.
26. Morris L, Delassus P, Walsh M, McGloughlin T. A mathematical model to predict the in vivo pulsatile drag forces acting on bifurcated stent grafts used in endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms (AAA). *J Biomech* 2004; 37:1087-95.
27. Zarins CK, Bloch DA, Crabtree T, et al. Stent graft migration after endovascular aneurysm repair: importance of proximal fixation. *J Vasc Surg.* 2003; 38:1264-1272.

28. Tonnessen BH, Sternbergh WC, Money SR. Mid- and long-term device migration after endovascular abdominal aortic aneurysm repair: a comparison of AneuRx and Zenith endografts. *J Vasc Surg.* 2005; 42:392-401.
29. Abbruzzese TA, Kwolek CJ, Brewster DC, et al. Outcomes following endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR): an anatomic and device-specific analysis. *J Vasc Surg.* 2008; 48:19-28.
30. Sternbergh WC, Money SR, Greenberg RK, et al., for the Zenith investigators. Influence of endograft oversizing on device migration, endoleak, aneurysm shrinkage, and aortic neck dilation: results from the Zenith Multicenter Trial. *J Vasc Surg.* 2004; 39:20-26.
31. Veerapen R, Dorandeu A, Serre I, et al. Improvement in proximal aortic endograft fixation: an experimental study using different stent-grafts in human cadaveric aortas. *J Endovasc Ther.* 2003; 10:1101-9.
32. Bosman WM, Steenhoven TJ, Suárez DR, Hinnen JW, Valstar ER, Hamming JF. The Proximal Fixation Strength of Modern EVAR Grafts in a Short Aneurysm Neck. An In Vitro Study. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010; 39:187-92.

## Εικόνες

**Εικόνα 1:** Προετοιμασία της υπονεφρικής αορτής και των λαγονίων.

**Εικόνα 2:** Τα ενδομοσχεύματα που χρησιμοποιήθηκαν. Από αριστερά Endofit, Talent, Zenith, Endurant, VI Extender cuff, Anaconda, Excluder, Powerlink και η κλασική αναστόμωση με PTFE πρόθεση.

**Εικόνα 3:** Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας δυναμομέτρησης.

## Πίνακες

**Πίνακας 1:** Χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ενδομοσχευμάτων.

Όνομα	Εταιρεία	Διαμόρφωση	Ύφασμα	Στήριξη	Χαρακτηριστικά μεταλλικού σκελετού	Ακίδες-Γάντζοι
Anaconda	Vascutek, Inchinnan, Scotland, UK	3 τμημάτων διχαλωτό	Woven polyester	Υπονεφρική	Indepented SE nitinol fish mouth ring stents; exoskeleton	Ναι
EndoFit	LeMaitre Vascular, Burlington, MA, USA	Ενός τμήματος αορτομονολαγόνιο	Ultrathin PTFE	Υπερνεφρική 17mm SR stent	Indepented SE nitinol Z stents; encapsulated within 2 layers of PTFE	Όχι
Endurant	Medtronic, Minneapolis, MN, USA	2 τμημάτων διχαλωτό	Multi filament polyester	Υπερνεφρική 15mm SR stent	Indepented SE nitinol M and Z stents; exoskeleton	Ναι
Powerlink	Endologix, Irvine, CA, USA	Ενός τμήματος διχαλωτό	PTFE	Υπονεφρική	Unibody skeleton made from cobalt chromium interconnected alloy;	Όχι

					endoskeleton	
Excluder	Gore, Flagstaff, AZ, USA	2 τμημάτων διχαλωτό	PTFE	Υπονεφρική	Independent asymmetric nitinol Z and M stents; exoskeleton	Ναι
Talent	Medtronic, Minneapolis, MN, USA	2 τμημάτων διχαλωτό	Polyester	Υπερνεφρική 15mm SR stent	Independent SE nitinol Z stents; exoskeleton	Όχι
Zenith	Cook Medical, Bloomington, IN, USA	3 τμημάτων διχαλωτό	Dacron	Υπερνεφρική 26mm SR stent	Independent SE stainless steel Z stents; exoskeleton (stents at landing zones are internal)	Ναι

PTFE: poly-tetra-fluoro-ethylene, SE: self expanding-αυτοδιατεινόμενα

**Πίνακας 2:** Αποτελέσματα. Δύναμη μετακίνησης (Displacement Force – DF) που εφαρμόστηκε στα ενδομοσχεύματα με ουραία φορά (1) και στα σκέλη με κεφαλική φορά (2) για να τα αποσταθεροποιήσει από τις ζώνες στήριξης (>20 mm) μετά από διαστολή με αεροθάλαμο. (Οι τιμές είναι μέσες  $\pm$  standard deviation σε Newton).

	1	2
<b>Talent</b>	16.18 $\pm$ 0.47	9.23 $\pm$ 1.25
<b>Anaconda</b>	36.16 $\pm$ 1.30	14.58 $\pm$ 0.68
<b>Excluder</b>	22.58 $\pm$ 0.72	10.52 $\pm$ 0.40
<b>EndoFit</b>	13.20 $\pm$ 0.75	8.83 $\pm$ 0.48
<b>Zenith</b>	39.30 $\pm$ 1.55	9.55 $\pm$ 1.52
<b>Endurant</b>	31.75 $\pm$ 2.27	9.65 $\pm$ 0.43
<b>Endologix</b>	14.80 $\pm$ 0.70	4.93 $\pm$ 0.50

**Πίνακας 3:** Αποτελέσματα. Αξιολόγηση της επίδρασης (α) ακίδων – γάντζων, (β) υπερνεφρικής στήριξης και (γ) διαστολής με αεροθάλαμο. Οι τιμές αφορούν σε δύναμη μετακίνησης (Displacement Force – DF) σε Newton που εφαρμόστηκε στα ενδομοσχεύματα για να τα αποσταθεροποιήσει από τις ζώνες στήριξης (>20 mm).

(α)	<b>ενδομοσχεύματα με ακίδες - γάντζους</b>	<b>ενδομοσχεύματα χωρίς ακίδες - γάντζους</b>	<b>p</b>
	Median: 36.10 N (range: 21.85 – 40.90)	Median: 14.80 N (range: 12.50 – 16.65)	<0.001
(β)	<b>ενδομοσχεύματα με υπονεφρική στήριξη</b>	<b>ενδομοσχεύματα με υπερνεφρική στήριξη</b>	
	Median: 22.60 N (range: 14.10 – 37.50 N)	Median: 16.20 N (range: 12.50 – 40.90 N)	0.90
(γ)		<b>Χωρίς διαστολή αεροθαλάμου</b>	<b>Μετά διαστολή αεροθαλάμου</b>
	<b>ενδομοσχεύματα με</b>	mean: 26.97	mean: 32.45
			<0.001

	<b>ακίδες - γάντζους</b>	$\pm 6.44$ (SD)	$\pm 6.71$ (SD)	
	<b>ενδομοσχεύματα χωρίς ακίδες - γάντζους</b>	mean: 13.58 $\pm 1.46$ (SD)	mean: 14.72 $\pm 1.41$ (SD)	=0.003