

Επεμβάσεις αορτικής ρίζας με και χωρίς διατήρηση της αορτικής βαλβίδας

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Σ. ΜΥΛΩΝΑΣ, MD¹
ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α. ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, MD, MSc, PhD²
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΥΓΕΡΙΝΟΣ, MD, PhD, FACS, FACC¹
ΓΕΩΡΓΙΟΣ Θ. ΣΤΑΥΡΙΔΗΣ, MD, FETCS^{1*}

¹ Γ' Τμήμα Επίκτιπτων Καρδιοπαθειών, Χειρουργικής Θώρακα και Μονάδας Υβριδικών Τεχνικών, Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο, Καλλιθέα, Ελλάδα

² Division of Cardiovascular Surgery, Peter Munk Cardiac Centre, Toronto General Hospital, University Health Network and University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada

Λέξεις ευρετηρίου

Αορτική βαλβίδα, αορτική ρίζα, χειρουργείο, διατήρηση βαλβίδας, πλαστική βαλβίδας

Επικοινωνία

Γεώργιος Θ. Σταυρίδης, MD, FETCS
Γ' Τμήμα Επίκτιπτων Καρδιοπαθειών, Χειρουργικής Θώρακα και Μονάδας Υβριδικών Τεχνικών
Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο
Λεωφόρος Συγγρού 356, 17674, Καλλιθέα, Ελλάδα
Τηλ.: (+30) 210 94 93 380, (+30) 210 94 93 314
E-mail: georgetstavridis@gmail.com

Οι προσθετικές βαλβίδες εμφανίζουν ποσοστό εγγενών επιπλοκών (valve-related complications) έως και 50% στα 10 έτη από την εμφύτευση.^{1,2}

Παρ' όλα αυτά, οι πρόσφατες Ευρωπαϊκές κατευθυντήριες οδηγίες (2021 ESC/EACTS Guidelines) συστήνουν την επιδιόρθωση αορτικής βαλβίδας μόνο σε περιπτώσεις ανεπάρκειας αυτής χρήζουσας χειρουργικής αντιμετώπισης και αυστηρά σε εξειδικευμένα κέντρα (ένδειξη IIb/C).³

Οι επεμβάσεις αντικατάστασης της αορτικής ρίζας με διατήρηση της αορτικής βαλβίδας σε εξειδικευμένα κέντρα αποτελούν την επέμβαση εκλογής για νέους ασθενείς με διάταση της αορτικής ρίζας, ανεξαρτήτως της βαρύτητας της αορτικής ανεπάρκειας (ένδειξη IB).³ Η διατήρηση του αυτόλογου ιστού της αορτικής βαλβίδας φέρει το εγγενές πλεονέκτημα της ανθεκτικότητας στο χρόνο και σε πιθανή λοιμώδη προσβολή, ενώ δεν χρήζει θεραπείας με αντιπηκτική αγωγή.⁴ Παράλληλα, έχει αποδειχθεί ότι η επιδιόρθωση της αορτικής βαλβίδας, σχετίζεται με λιγότερες σχετιζόμενες με τη βαλβίδα επιπλοκές,⁵ καθώς και με καλύτερη διεγχειρητική⁶ αλλά και μακροχρόνια επιβίωση.⁷

Σύμφωνα με τον Alain Carpentier, τόσο η επιδιόρθωση των γλωχίνων, όσο και η δακτυλιοπλαστική αποτελούν ουσιώδεις συνιστώσες της επιδιόρθωσης μιας βαλβίδας.⁸ Η πλαστική του αορτικού δακτυλίου έχει ως σκοπό όχι μόνο τη μείωση της διαμέτρου του δακτυλίου αλλά και τη σταθεροποίησή του για την πρόληψη ενδεχόμενης απώτερης διάτασης αυτού και επακόλουθης ανεπάρκειας της βαλβίδας.⁹

Ποικίλες τεχνικές προτάθηκαν διαχρονικά, φανερώνοντας τόσο το έντονο ενδιαφέρον της καρδιοχειρουργικής κοινότητας για τις επεμβάσεις διατήρησης της αορτικής βαλβίδας, όσο και την εγγενή δυσκολία στη διαχείριση της εν λόγω ανατομικής περιοχής. Το 1983, ο Alain Carpentier παρουσίασε μια τεχνική δακτυλιοπλαστικής με εσωτερική ραφή διά του δακτυλίου.⁸ Το

1992, οι David και Feindel περιέγραψαν την τεχνική επανεμφύτευσης της αορτικής ρίζας (“reimplantation technique”) γνωστή ως επέμβαση David.⁹ Επόμενη καινοτομία υπήρξε η επέμβαση Yacoub το 1993,¹⁰ αργότερα γνωστή ως τεχνική αναδιαμόρφωσης της αορτικής ρίζας (“remodeling technique”), η οποία όμως παρέλειπε το στάδιο της δακτυλιοπλαστικής. Το 2005, ο Lansac εισήγαγε τον εξωτερικό δακτύλιο “Coroneo” σε συνδυασμό με “remodeling technique”.¹¹ Το ίδιο έτος, δημοσιεύτηκε και η τεχνική “Florida sleeve” κατά την οποία ένα μόσχευμα Dacron τοποθετείται γύρω από την αορτική ρίζα. Στο μόσχευμα χαράσσονται δύο αύλακες που περιβάλουν τα στεφανιαία αγγεία οι οποίες συρράπτονται κάτω από το επίπεδο των αγγείων.¹²

Το 2009, ο Schäfers πρότεινε την εξωτερική κυκλοτερή συρραφή διά του αορτικού δακτυλίου με ισχυρό ράμμα Goretex.¹³ Η εν λόγω προσέγγιση ήταν ουσιαστικά πανομοιότυπη με την πρώτη δακτυλιοπλαστική που περιεγράφηκε ποτέ (Taylor, 1958).¹⁴ Τέλος, το 2012 ο Rankin εισήγαγε την δακτυλιοπλαστική διά εμφύτευσης άκαμπτου, γεωμετρικού, εσωτερικού αορτικού δακτυλίου HAART 300 ή 200 για τρίπτυχη ή δίπτυχη αορτική βαλβίδα, αντίστοιχα. Η τεχνική στοχεύει στην αποκατάσταση της αορτικής ρίζας και ως εκ τούτου ονομάστηκε “aortic root restoration technique” ή “geometric ring annuloplasty”.¹⁵

Επεμβάσεις αορτικής ρίζας με διατήρηση της αορτικής βαλβίδας (valve-sparing aortic root procedures)

Επέμβαση David

Η πρωτότυπη επέμβαση David (David I) συνίστατο στην 1) εκτομή των στεφανιαίων κόλπων (αφήνοντας 4-5 mm αορτικού περιγράμματος) και στον 2) σχηματισμό των στεφανιαίων κομβίων (coronary buttons) με στόχο την επανεμφύτευση της αορτικής βαλβίδας και των στεφανιαίων αρτηριών σε ένα ευθύ μόσχευμα Dacron. Απαραίτητη προϋπόθεση για την διενέργεια της επέμβασης είναι η παρουσία (σχεδόν) φυσιολογικών γλωκίνων της αορτικής βαλβίδας. Επασβεστωμένες, δύσκαμπτες γλωκίνες δεν είναι κατάλληλες για διατήρηση ούτε και βαλβίδες με εκτενώς πεπαχυσμένα ελεύθερα άκρα λόγω παρατεταμένης αορτικής ανεπάρκειας.¹⁶

Τεχνικές λεπτομέρειες για την επέμβαση David

Εγκάρσια αορτοτομή διενεργείται στο ύψος της κολποσωληνώδους συμβολής (sinotubular junction-STJ) και καρδιοπληγία χορηγείται δια των στεφανιαίων στομίων. Ένα ράμμα τάσης τοποθετείται στην κορυφή κάθε συνδεσμικής ζώνης των πτυχών (commissure). Επιμελής παρασκευή της αορτικής ρίζας μέχρι το επίπεδο της κοιλιο-αρτηριακής συμβολής (ventriculoarterial junction-VAJ) είναι αναγκαία. Αντιθέτως, πλημμελής κινητοποίηση της ρίζας διαταράσσει τη γεωμετρία της αορτικής βαλβίδας οδηγώντας σε πρόπτωση γλωκίνων και ανεπάρκεια.

Ποικίλες μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί για τον υπολογισμό του κατάλληλου μεγέθους που πρέπει να έχει το μόσχευμα Dacron (Feindel-David, Gleason, El Khoury, κ.λπ.).¹⁷

Για την εγγύς γραμμή συρραφής χρησιμοποιούνται δώδεκα ράμματα TI-CRON™ τα οποία κατανέμονται κατά μήκος της VAJ. Εντούτοις, ορισμένοι χειρουργοί αμφισβητούν τα δυναμικά αιμοστατικά οφέλη μιας εκτενούς γραμμής συρραφής και χρησιμοποιούν μόνο τρία ράμματα για να καθηλώσουν το μόσχευμα. Οι ραφές περνούν από το εσωτερικό της αορτής προς τα έξω. Επί του ινώδους τμήματος του αορτικού δακτυλίου, τα ράμματα εισάγονται κατά μήκος του οριζόντιου επιπέδου που σχηματίζεται από τη βάση των ινώδων τριγώνων. Στην περιοχή της μη στεφανιαίας-δεξιάς συνδεσμικής ζώνης (ΣΖ), τα ράμματα τοποθετούνται ελαφρώς υψηλότερα ώστε να αποφευχθεί τυχόν τραυματισμός στο μεμβρανώδες μεσοκοιλιακό διάφραγμα ή/και στον ιστό αγωγιμότητας.

Η καθήλωση της κορυφής της ΣΖ εντός του μοσχεύματος γίνεται με ράμματα πολυπροπυλενίου (prolene) και είναι υψίστης σημασίας για την τελική λειτουργία της βαλβίδας. Η επανεμφύτευση της αορτικής βαλβίδας ολοκληρώνεται με συνεχή ραφή η οποία είναι καθοριστική στη στεγανότητα της ρίζας.

Ενδεχόμενη πρόπτωση πτυχών μπορεί να διορθωθεί με πτύκωση του ελεύθερου χείλους τους. Ενίσχυση ελεύθερου χείλους με Gore Tex ράμμα, επίσης περιγράφεται αλλά είναι τεχνικά πιο απαιτητική. Μικρά ιστικά ελλείμματα (fenestrations), ειδικά κοντά στις ΣΖ, μπορούν να αγνοηθούν, ωστόσο ευμεγέθη ελλείμματα που απαιτούν ενίσχυση με περικάρδιο αποτελούν αντένδειξη στην τεχνική.

Η επέμβαση ολοκληρώνεται με επανεμφύτευση των στεφανιαίων κομβίων στο μόσχευμα και με την άπω αναστόμωση μοσχεύματος-αορτής. Το τελικό αποτέλεσμα εκτιμάται στο διοισοφάγειο υπερηχοκαρδιογράφημα.

Διαχρονικά έχουν περιγραφεί πολλαπλές παραλλαγές της τεχνικής David (David II-V) με παρεμβάσεις στο μέγεθος του μοσχεύματος και δημιουργία μικροπτυχώσεων αυτού. Στην παραλλαγή Stanford της David V, χρησιμοποιούνται δύο μοσχεύματα (ένα μεγάλο εγγύς του οποίου το άπω άκρο πτυχώνεται για να σχηματιστούν pseudo-sinuses και ένα μικρότερο που αποκαθιστά τη συνέχεια με την αορτή).¹⁶

Επέμβαση Yacoub (David II)

Τεχνικά, η επέμβαση Yacoub διαφέρει από την David στο γεγονός ότι στερείται δακτυλιοπλαστικής καθώς η εγγύς αναστόμωση διενεργείται πάνω από το επίπεδο του δακτυλίου χωρίς να τον συμπεριλαμβάνει. Επίσης, διαμορφώνονται τρεις νεο-κόλποι (neo-sinuses) στο μόσχευμα το οποίο αναστομώνεται στον αορτικό δακτύλιο και στα υπολείμματα των αρχικών στεφανιαίων κόλπων. Μετεγχειρητικά, η κίνηση του αορτικού δακτυλίου προσομοιάζει της φυσιολογικής, μειώνοντας το αιμοδυναμικό stress επί των γλωχίνων σε σχέση με την κλασική επέμβαση David.¹⁰ Παρ' όλα αυτά, η πρωτότυπη επέμβαση Yacoub δεν περιορίζει ούτε προλαμβάνει την περαιτέρω διεύρυνση του αορτικού δακτυλίου και μπορεί σύντομα να οδηγήσει σε βαριά αορτική ανεπάρκεια σε ασθενείς με ήδη διατεταμένους δακτυλίους.¹⁶

Επιλογή επέμβασης David έναντι Yacoub

Η επέμβαση David υπερέχει σε ασθενείς με:

1. Διατεταμένο αορτικό δακτύλιο
2. Νέους ασθενείς ιδίως με συνδρομικό υπόβαθρο (Marfan, Loyes-Dietz, κτλ)

Αντιθέτως, η επέμβαση Yacoub έχει εξαιρετικά αποτελέσματα σε ασθενείς με φυσιολογικό εύρος αορτικού δακτυλίου ιδίως άνω των 50 ετών.

Μακροπρόθεσμα αποτελέσματα επεμβάσεων αορτικής ρίζας με διατήρηση της βαλβίδας

Μόνο 2% της σειράς του καθηγητή Tirone David που υποβλήθηκαν σε επανεμφύτευση της αορτικής ρίζας χρειάστηκαν επανεπέμβαση σε 15

χρόνια παρακολούθησης. Μέτρια/σοβαρή ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδας ανέπτυξε το 7% σε 10 έτη και το 11% σε 15 έτη, αντίστοιχα.¹⁸ Παρόμοια αποτελέσματα έχουν δημοσιευτεί και από άλλα εξειδικευμένα κέντρα.^{19,20} Η κλασική επέμβαση remodeling στο κέντρο του Yacoub συσχετίστηκε με 89% και 64% ελευθερία από επανεπέμβαση και μέτρια/σοβαρή ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδας στην δεκαετία. Τα αποτελέσματα του Schäfers ήταν ακόμη πιο ενθαρρυντικά με μόλις 3% ποσοστό επανεπεμβάσεων στα 10 έτη και μικρή αορτική ανεπάρκεια στο 96% των ασθενών με δίπτυχη και στο 87% των ασθενών με τρίπτυχη βαλβίδα.²¹ Τα αποτελέσματα του Lansac συνδυάζοντας τον εξωτερικό δακτύλιο Coroneo με την τεχνική remodeling ήταν επίσης ενθαρρυντικά. Η θνητότητα τον πρώτο μετεγχειρητικό μήνα ανήλθε σε κάτω από 3%. Στην επταετία, η ελευθερία από επανεπέμβαση και τουλάχιστον μέτρια ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδας ήταν 89,5% και 90,5%, αντίστοιχα.²² Τέλος, η ομάδα που εμπνεύστηκε το Florida sleeve αναφέρει στην οκταετία, 93% επιβίωση και 2% επανεπεμβάσεις.²³

HAART

Μέχρι σήμερα έχουν εμφυτευθεί περίπου 1.000 δακτύλιοι HAART διεθνώς. Η εμφύτευση ενός δακτυλίου στο χώρο εξόδου της αριστερής κοιλίας, άμεσα υποβαλβιδικά, βασίζεται στην φυσιολογική γεωμετρία της αορτικής ρίζας προκειμένου να υποστηρίξει και να αποκαταστήσει την τοπική αρχιτεκτονική, σε συνάρτηση με την ανατομική ιδιαιτερότητα των συγκεκριμένων πτυχών και κόλπων του Valsalva. Η τεχνική έχει δείξει άριστα πρώιμα και μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα όσον αφορά στη δομική επάρκεια της αορτικής βαλβίδας.^{15,24,25} Η ταυτόχρονη εφαρμογή τεχνικών επιδιόρθωσης τυχόν παθολογικών εξεργασίων των αορτικών πτυχών ενισχύει την ολιστική προσέγγιση στο εγχείρημα της επιδιόρθωσης της αορτικής βαλβίδας. Οι Rankin και συνεργάτες μελέτησαν την επίδοση του δακτυλίου HAART σε 47 ασθενείς με μέτρια έως σοβαρή αορτική ανεπάρκεια και συνοδό ανεύρυσμα ανιούσας αορτής. Οι 25 εξ αυτών εμφάνιζαν ανεύρυσμα της αορτικής ρίζας. Συνολικά, 40 ασθενείς είχαν τρίπτυχη και επτά ασθενείς δίπτυχη αορτική βαλβίδα. Η διεγχειρητική θνητότητα ήταν μηδενική. Στα δύο χρόνια, το ποσοστό ελευθερίας από σχε-

τιζόμενες με τη βαλβίδα επιπλοκές ή από ανάγκη για επανεπέμβαση αντικατάστασης αορτικής βαλβίδας ήταν 94%.²⁶

Ημέτερη εμπειρία με τους δακτυλίους HAART

Τον Ιούλιο του 2017, ξεκίνησε το πρόγραμμα επιδιόρθωσης αορτικής βαλβίδας, συντεταγμένα, με εμφύτευση δακτυλίου HAART σε ασθενείς με **ανεπάρκεια** της δίπτυχης ή τρίπτυχης αορτικής βαλβίδας ή/και παθολογία της αορτικής ρίζας και ανιούσας αορτής στο κέντρο μας.²⁷ Κατηγοριοποιημένα τα περιστατικά μας αφορούσαν σε:

1. Πρόπτωση πτυχής (-ων)
2. Ανεύρυσμα ανιούσας αορτής με συνοδό ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδας
3. Ανεύρυσμα αορτικής ρίζας με συνοδό ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδας
4. Πολυβαλβιδοπάθεια
5. Στεφανιαία νόσο με συνοδό ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδας

Στο σύνολο των 35 ασθενών, με δακτύλιο HAART, η θνητότητα ήταν **μηδενική**, τα αποτελέσματα άριστα έως των ημερών μας εκτός από 4 ασθενείς που οδηγήθηκαν **διεγχειρητικά** σε αντικατάσταση της αορτικής βαλβίδας στα πλαίσια της αναμενόμενης καμπύλης μάθησης-εμπειρίας. Επίσης σε 1 ασθενή αντικαταστάθηκε η αορτική βαλβίδα μετά από τέσσερα έτη λόγω αποκόλλησης του δακτυλίου από την αορτική ρίζα, απότοκος ρήξης ραμμάτων prolene και διάτρησης πτυχής. Έκτοτε, μετά από σύσταση της κατασκευάστριας εταιρείας, η χρήση πολύκλωνων ραμμάτων έχει αντικαταστήσει αυτή των μονόκλωνων κατά την διαδικασία εμφύτευσης.

Επεμβάσεις αορτικής ρίζας χωρίς διατήρηση της αορτικής βαλβίδας

Το 1968, οι Bentall και De Bono περιέγραψαν την ομώνυμη τεχνική αντικατάστασης της αορτικής ρίζας-εγγύς ανιούσας αορτής και αορτικής βαλβίδας με τη χρήση σύνθετου βαλβιδοφόρου μοσχεύματος.²⁸ Με το πέρασμα των χρόνων, η επέμβαση Bentall υποβλήθηκε σε πολλές τροποποιήσεις με πιο σημαντική την χρήση buttons για την εμφύτευση των στεφανιαίων αγγείων στο μόσχευμα (modified Bentall).²⁹ Σε περιπτώσεις δύσκολης κινητοποίησης των στεφανιαίων, έχουν χρησιμοποιηθεί και Cabrol μο-

σχεύματα.³⁰ Σε ασθενείς που οι μηχανικές βαλβίδες δεν είναι η πιο δόκιμη επιλογή, έχει ένδειξη η παραλλαγή της bio-Bentall με συρραφή βιοπρόθεσης εντός ευθέως μοσχεύματος ή η χρήση εμπορικά διαθέσιμου σύμπλοκου βιολογικού ευθέως μοσχεύματος-βαλβίδας.³¹

Πρόσφατη μελέτη 1.112 propensity-matched ασθενών, δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ενδονοσοκομειακή επιβίωση των ασθενών που υπεβλήθησαν σε κλασική (7,2%) και bio-Bentall (5,8%). Η θνητότητα από όλα τα αίτια ήταν επίσης συγκρίσιμη μεταξύ των δύο τεχνικών. Τέλος, στην επταετία υπήρχε μια τάση για συχνότερες επανεπεμβάσεις με bio-Bentall (7%) έναντι της συμβατικής τεχνικής με μηχανική βαλβίδα (1%).³¹

Βιβλιογραφία

1. Hammermeister K, Sethi GK, Henderson WG, Grover FL, Oprian C, Rahimtoola SH. Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: final report of the Veterans Affairs randomized trial. *Journal of the American College of Cardiology*. 2000;36(4):1152-8.
2. Brennan JM, Edwards FH, Zhao Y, O'Brien S, Booth ME, Dokholyan RS, et al. Long-term safety and effectiveness of mechanical versus biologic aortic valve prostheses in older patients: results from the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery National Database. *Circulation*. 2013;127(16):1647-55.
3. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2021;60(4):727-800.
4. Richardt D, Bucsky B, Charitos EI, Sievers HH, Scharf-schwerdt M. A novel rigid annuloplasty ring for aortic valve reconstruction: an in vitro investigation. *The Annals of thoracic surgery*. 2014;97(3):811-5.
5. Aicher D, Fries R, Rodionychewa S, Schmidt K, Langer F, Schäfers HJ. Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2010;37(1):127-32.
6. Caceres M, Ma Y, Rankin JS, Saha-Chaudhuri P, Englum BR, Gammie JS, et al. Mortality characteristics of aortic root surgery in North America. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2014;46(5):887-93.

7. De Meester C, Pasquet A, Gerber BL, Vancraeynest D, Noirhomme P, El Khoury G, et al. Valve repair improves the outcome of surgery for chronic severe aortic regurgitation: a propensity score analysis. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;148(5):1913-20.
8. Carpentier A. Cardiac valve surgery—the "French correction". *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1983;86(3):323-37.
9. David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1992;103(4):617-21; discussion 22.
10. Yacoub MH, Gehle P, Chandrasekaran V, Birks EJ, Child A, Radley-Smith R. Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1998;115(5):1080-90.
11. Lansac E, Di Centa I, Varnous S, Rama A, Jault F, Duran CM, et al. External aortic annuloplasty ring for valve-sparing procedures. *The Annals of thoracic surgery*. 2005;79(1):356-8.
12. Hess PJ, Jr., Klodell CT, Beaver TM, Martin TD. The Florida sleeve: a new technique for aortic root remodeling with preservation of the aortic valve and sinuses. *The Annals of thoracic surgery*. 2005;80(2):748-50.
13. Aicher D, Schneider U, Schmied W, Kunihara T, Tochii M, Schäfers HJ. Early results with annular support in reconstruction of the bicuspid aortic valve. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2013;145(3 Suppl):S30-4.
14. Taylor WJ, Thrower WB, Black H, Harken DE. The surgical correction of aortic insufficiency by circumclusion. *The Journal of thoracic surgery*. 1958;35(2):192-205 passim.
15. Rankin JS, Conger JL, Tuzun E, Winkler JA, Harms KM, Beavan LA, et al. In vivo testing of an intra-annular aortic valve annuloplasty ring in a chronic calf model. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2012;42(1):149-54.
16. David TE. Aortic valve sparing operations: a review. *The Korean journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2012;45(4):205-12.
17. Gleason TG. New graft formulation and modification of the David reimplantation technique. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2005;130(2):601-3.
18. David TE, Armstrong S, Manlihot C, McCrindle BW, Feindel CM. Long-term results of aortic root repair using the reimplantation technique. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2013;145(3 Suppl):S22-5.
19. De Paulis R, Scaffa R, Nardella S, Maselli D, Weltert L, Bertoldo F, et al. Use of the Valsalva graft and long-term follow-up. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2010;140(6 Suppl):S23-7; discussion S45-51.
20. Kvitting JP, Kari FA, Fischbein MP, Liang DH, Beraud AS, Stephens EH, et al. David valve-sparing aortic root replacement: equivalent mid-term outcome for different valve types with or without connective tissue disorder. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2013;145(1):117-26, 27.e1-5; discussion 26-7.
21. Aicher D, Langer F, Lausberg H, Bierbach B, Schäfers HJ. Aortic root remodeling: ten-year experience with 274 patients. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2007;134(4):909-15.
22. Lansac E, Di Centa I, Sleilaty G, Lejeune S, Berrebi A, Zacek P, et al. Remodeling root repair with an external aortic ring annuloplasty. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2017;153(5):1033-42.
23. Aalaei-Andabili SH, Martin TD, Hess PJ, Karimi A, Bavry AA, Arnaoutakis GJ, et al. The Florida Sleeve Procedure Is Durable and Improves Aortic Valve Function. *Aorta (Stamford, Conn)*. 2019;7(2):49-55.
24. Mazzitelli D, Stamm C, Rankin JS, Nöbauer C, Pirk J, Meuris B, et al. Hemodynamic outcomes of geometric ring annuloplasty for aortic valve repair: a 4-center pilot trial. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;148(1):168-75.
25. Mazzitelli D, Fischlein T, Rankin JS, Choi YH, Stamm C, Pfeiffer S, et al. Geometric ring annuloplasty as an adjunct to aortic valve repair: clinical investigation of the HAART 300 device. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2016;49(3):987-93.
26. Rankin JS, Mazzitelli D, Fischlein T, Choi YH, Pirk J, Pfeiffer S, et al. Geometric Ring Annuloplasty for Aortic Valve Repair During Aortic Aneurysm Surgery: Two-Year Clinical Trial Results. *Innovations (Philadelphia, Pa)*. 2018;13(4):248-53.
27. Papakonstantinou NA, Kogerakis N, Kantidakis G, Athanopoulos G, Stavridis GT. A modern approach to aortic valve insufficiency: Aortic root restoration via HAART 300 internal annuloplasty ring. *Journal of cardiac surgery*. 2021;36(11):4189-95.
28. Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax*. 1968;23(4):338-9.
29. Salmasi MY, Theodoulou I, Iyer P, Al-Zubaidy M, Naqvi D, Snober M, et al. Comparing outcomes between valve-sparing root replacement and the Bentall procedure in proximal aortic aneurysms: systematic review and meta-analysis. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. 2019;29(6):911-22.
30. Cabrol C, Pavie A, Gandjbakhch I, Villemot JP, Guiraudon G, Laughlin L, et al. Complete replacement of the ascending aorta with reimplantation of the coronary arteries: new surgical approach. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1981;81(2):309-15.
31. Pantaleo A, Murana G, Di Marco L, Jafrancesco G, Barberio G, Berretta P, et al. Biological versus mechanical Bentall procedure for aortic root replacement: a propensity score analysis of a consecutive series of 1112 patients. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2017;52(1):143-9.