

Ελάχιστα επεμβατική χειρουργική αορτικής βαλβίδας

ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ ΚΩΤΟΥΛΑΣ^{1,2}

ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ^{1,2}

ΛΑΖΑΡΟΣ ΚΑΛΑΜΠΑΛΙΚΗΣ¹

ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΚΩΤΟΥΛΑΣ¹

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΣΠΥΡΙΔΑΚΗΣ¹

¹ Κλινική Ελάχιστα Επεμβατικής Καρδιοχειρουργικής
Metropolitan General Hospital of Athens

² Διακλαδική Καρδιοχειρουργική Κλινική
401 ΓΣΝΑ

Η πρώτη τοποθέτηση βαλβίδας έγινε από τον Hufnagel στην κατιούσα αορτή το 1956. Έκτοτε ο αριθμός των ασθενών αυξήθηκε εκθετικά, με την αντιμετώπισή τους με μέση στερνοτομή (MSAVR) και τοποθέτηση βαλβίδων μηχανικών ή βιοπροσθετικών χοίρειων ή βόειων. Ο Cosgrove το 1996 πραγματοποίησε την πρώτη ελάχιστα επεμβατική αντικατάσταση αορτικής βαλβίδας (MIAVR) με δεξιά πρόσθια θωρακοτομή. Το παζλ ολοκληρώθηκε με την διακορυφαία διακαθετηριακή τοποθέτηση βαλβίδας TAVI από τον Cribier, το 2002. Μέσα στα επόμενα είκοσι χρόνια η τεχνολογία αναπτύχθηκε ραγδαία, βελτιώνοντας τα αποτελέσματα της TAVI, αλλά και της MIAVR, με τεχνικές που ελαχιστοποίησαν τη θνητότητα, τη νοσηρότητα, τον πόνο και τον χρόνο αποκατάστασης.

Με δεδομένο ότι ο κάθε ασθενής επιθυμεί μια επέμβαση που θα τον απαλλάξει από το πρόβλημα του για όλη του τη ζωή, αυτή θα πρέπει να έχει μικρή περίοδο εκμάθησης, κατά το δυνατόν σύντομο επεμβατικό χρόνο, ελάχιστα επεμβατική τεχνική, να μην προκαλεί προβλήματα σε μελλοντικές επεμβάσεις και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε διαθέσιμο υλικό σε όλα τα μεγέθη με ελάχιστη επικινδυνότητα, θα αναλύσουμε τα δεδομένα της MIAVR ως τη χρυσή επιλογή για τον ασθενή.

Τι είναι η MIAVR

Στα πλαίσια της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής (MIS) εντάσσεται η MIAVR. Η μέθοδος πραγματοποιείται με τομή 5-7 εκατοστά στο άνω μέρος του στέρνου είτε με μικρή J ή T στερνοτομή είτε πλάγια, με δεξιά πρόσθια θωρακοτομή (ART). Η στερνοτομή εκτείνεται μέχρι το 2ο ή 3ο (MARBOR) ή 4ο (GRAZ) μεσοπλεύριο, ενώ η πρόσθια θωρακοτομή γίνεται στο 2ο μεσοπλεύριο διάστημα.

Για να είναι ένας ασθενής υποψήφιος για ART θα πρέπει σε γενόμενη CT θώρακος τουλάχιστον το 50% της η ανιούσας

Λέξεις ευρετηρίου

Ελάχιστα επεμβατική μέθοδος, αορτική βαλβίδα, TAVI, χειρουργείο

Επικοινωνία

Χριστόφορος Κωτούλας

Κηφισίας 38 Αμπελόκηποι, Αθήνα

Τηλ.: 2107782220

E-mail: info@kotoulas.com

αορτής στο επίπεδο της πνευμονικής αρτηρίας να είναι προς τα δεξιά της ευθείας που ορίζεται από τη μεσότητα του στέρνου και τη μεσότητα του υποκείμενου σπονδύλου, η γωνία μεταξύ της μέσης γραμμής και της κλίσης της αορτής να είναι μεγαλύτερη από 45 μοίρες και τέλος η απόσταση της ανιούσας αορτής από το στήρνο να μην είναι μεγαλύτερη από 10 εκατοστά. Η προνηθείσα στερνοτομή ή δεξιά θωρακοτομή, η οριακή αναπνευστική λειτουργία και η ύπαρξη συμφύσεων αποτελούν κριτήρια αποφυγής της μεθόδου.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στην MIS έχει οδηγήσει στη δημιουργία ειδικών εργαλείων που επιτρέπουν ελαχιστοποίηση της χειρουργικής τομής, καθήλωση ραμμάτων και κόμπων με αυτόματο τρόπο που εκμηδενίζουν τις παραβαλβιδικές διαφυγές και προσφέρουν δυνατότητα τοποθέτησης όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μέθους βαλβίδων.⁶

Κατά την MIAVR χρησιμοποιούνται όλα τα είδη των βαλβίδων, μηχανικές και βιοπροσθετικές, κλασικές ή με ελάχιστα ράμματα ή χωρίς ράμματα βαλβίδες. Επιπλέον, παραμένει η δυνατότητα του χειρουργού να πραγματοποιήσει τις γνωστές τεχνικές διάνοιξης του αορτικού δακτυλίου για τοποθέτηση μεγαλύτερης διαμέτρου βαλβίδας εφόσον παραστεί ανάγκη. Εξάλλου είναι δυνατή η αντικατάσταση και της ανιούσας αορτής συνάμα με την αορτική βαλβίδα είτε ακόμη και η αντικατάσταση της αορτικής ρίζας με βαλβιδοφόρο μόσχευμα ή η αντικατάσταση της αορτικής ρίζας με διατήρηση της αορτικής βαλβίδας, όπως και η μυεκτομή για την απόφραξη του χώρου εξόδου της αριστερής κοιλίας. Γενικώς ακολουθεί όλες τις ενδείξεις της κλασικής στερνοτομής, αλλά με σημαντικά μικρότερη τομή προσπέλασης.⁷

Σε αντίθεση με την MSAVR όπου η τοποθέτηση των καθετήρων της εξωσωματικής κυκλοφορίας γίνεται κλασικά στην ανιούσα αορτή και στο δεξιό κόλπο, στην ART τοποθετούνται στα μηριαία αγγεία ενώ στην JS η αρτηριακή κάνουλα ορθοτοπικά στην ανιούσα αορτή και η φλεβική στη μηριαία φλέβα ή την άνω κοίλη φλέβα όταν η τομή πραγματοποιείται στο ύψος του 2ου μεσοπλεύριου, ή και στον δεξιό κόλπο τυπικά όταν η τομή πραγματοποιείται στο ύψος του 3ου ή του 4ου μεσοπλεύριου διαστήματος,

αν και πάντα πρέπει να γίνεται προσπάθεια για την ορθότοπη τοποθέτηση των καθετήρων.

Η χρήση νέων σύγχρονων διαλυμάτων καρδιοπληγίας ελάττωσε ακόμα περισσότερο το χειρουργικό χρόνο. Καθαρός χειρουργικός χρόνος 2-3 ώρες είναι πλήρως εφικτός ενώ το σύνθετες για την μετεγχειρητική νοσηλεία είναι 4-5 ημέρες.

Όσον αφορά τις επιπλοκές, η επίπτωση της μετεγχειρητικής αιμορραγίας δεν ξεπερνά το 3,8% με κυριότερο αίτιο την αιμορραγία από την αορτοτομή ή την κάκωση των δεξιών μαστικών αγγείων. Συγκριτικά με την MSAVR παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση στην ανάγκη για μετάγγιση παραγόντων αίματος που έφθασε και το 67,3%.¹⁵ Η εμφάνιση της κοιλιακής μαρμαρυγής κυμαίνεται στις διάφορες μελέτες από 12,8 μέχρι 32,2%. Φαίνεται ότι η μέθοδος ελαττώνει δραστικά τον χρόνο μηχανικού αερισμού μετεγχειρητικά και έτσι μειώνει την συνολική διάρκεια τόσο νοσηλείας στη ΜΕΘ όσο και στο νοσοκομείο.¹² Τέλος, η μετεγχειρητική εκδήλωση οξείας νεφρικής δυσπραγίας κυμάνθηκε στις διάφορες μελέτες από 1 μέχρι 4,7%.^{11,12}

Διεγχειρητικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν είναι η ρήξη τη δεξιάς μαστικής αρτηρίας ειδικά στην ART, η πτωχή έκθεση της ανιούσας αορτής λόγω της παρουσίας μεσοθωρακικού λίπους που απαιτεί την πλήρη εκτομή του, η δυσκολία πλήρους απομάκρυνσης του αέρα από την καρδιά (de-airing) καθώς δεν τοποθετείται καθετήρας απαέρωσης στην αριστερή κοιλία από την δεξιά άνω πνευμονική φλέβα και πρέπει να αντιμετωπίζεται με τη δημιουργία προληπτικά πεδίου CO₂ με συνεχή σταθερή ροή διεγχειρητικά. Καθώς ο πρώτιστος στόχος είναι η ασφάλεια του ασθενή, οποιοδήποτε άλλο πρόβλημα ανακύψει πρέπει να αντιμετωπίζεται με την μετατροπή της επέμβασης σε κλασική στερνοτομή.⁴

Για την πλήρη προετοιμασία του ασθενή απαιτείται η διενέργεια υπερήχου καρδιάς, κλασικής στεφανιογραφίας, αξονικής τομογραφίας θώρακος συνήθως χωρίς σκιαγραφικό για να αναδειχθούν οι πλάκες στην ανιούσα αορτή, τρίπλεξ καρωτίδων, τρίπλεξ λαγονίων αρτηριών και σπιρομέτρησης. Εννοείται προτείνεται, αν όχι επιβάλλεται η διενέργεια διοισοφαγίου υπερηχοκαρδιογραφήματος διεγχειρητικά.

Με όλα αυτά τα δεδομένα η MIAVR σε έμπειρα χέρια χειρουργών αποτελεί μια ασφαλή μέθοδο με εξαιρετικά αποτελέσματα τόσο κλινικά όσο και κοσμητικά.

Η MIAVR απέναντι στην κλασική στερνοτομή (MSAVR)

Η MSAVR είναι μία δοκιμασμένη στο χρόνο μέθοδος με εξαιρετικά αποτελέσματα, ωστόσο πολύ επεμβατική με μεγάλο χρόνο αποθεραπείας και αποκατάστασης του ασθενή που οφείλεται στην φύση της στερνοτομής. Σε περίπτωση επανεπέμβασης η πληθώρα των συμφύσεων από την πλήρη διατομή του περικαρδίου αυξάνει τον βαθμό δυσκολίας, το χειρουργικό χρόνο και τους κινδύνους που αυτά συνεπάγονται.

Η MIAVR, αντίθετα, σχετίζεται με ταχύτερη ανάνηψη, μικρότερη ενδονοσοκομειακή νοσηλεία, άριστο αισθητικό αποτέλεσμα, μείωση του ποσοστού λοιμώξεων του τραύματος, ελάττωση του μετεγχειρητικού πόνου, βελτίωση της περιεγχειρητικής αναπνευστικής λειτουργίας λόγω σταθερότητας του στέρνου και ελάττωση απώλειας αίματος και μεταγγίσεων. Επιπλέον η επανεπέμβαση (REDO) καθίσταται τεχνικά ευκολότερη λόγω της μη πλήρους διάνοιξης του περικαρδιακού σάκου που συνεπάγεται λιγότερες συμφύσεις και σχετικά ανέπαφο χειρουργικό πεδίο.¹²

Η κριτική της μεθόδου σε σχέση με την κλασική επέμβαση αφορά πρώτα την νοσηρότητα που αφορά την ανάδρομη εξωσωματική κυκλοφορία σε μηρο-μηριαίο μπαίπας, που μπορεί να προκαλέσει λοίμωξη τραύματος, ψευδοανευρύσματα μηριαίων αρτηριών ή νευρολογικά συμβάματα, δεύτερον το κόστος της επέμβασης λόγω των ειδικών συσκευών, τρίτον το γεγονός ότι η επέμβαση δεν πραγματοποιείται από όλους τους καρδιοχειρουργούς παρά μόνο από έμπειρους και αφοσιωμένους στη μέθοδο. Ειδικά για το τελευταίο, ο έμπειρος χειρουργός οφείλει έγκαιρα να μετατρέψει την επέμβαση σε πλήρως ανοιχτή με μέση στερνοτομή όταν αυτό κριθεί αναγκαίο με κυριότερο αίτιο την αιμορραγία από σημείο που δεν μπορεί εύκολα να ελεγχθεί.¹³ Ήδη όμως από πολύ νωρίς φαίνεται ότι η MIAVR υπερτερεί της MSAVR σε νοσηρότητα και θνητότητα, ενώ ο τότε μεγαλύτερος χρόνος επέμ-

βασης καλύφθηκε με την χρήση των νέων υλικών και βαλβίδων.¹⁴

Η MIAVR απέναντι στην TAVI

Η διακαθετηριακή εμφύτευση της αορτικής βαλβίδας TAVI, παρά την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας της, παρουσιάζει δυστυχώς ακόμη μεγάλα ποσοστά παραβαλβιδικής διαφυγής, τοποθέτησης μόνιμου βηματοδότη,¹⁶ εγκεφαλικών επεισοδίων,¹⁶ δυσλειτουργίας της δεξιάς κοιλίας,¹⁶ θρόμβωσης βαλβίδας,¹⁷ αγγειακές επιπλοκές κατά την τοποθέτησή της.¹⁸

Πέραν των ανωτέρω δημιουργούνται ερωτήματα για την ευκολία καθετηριασμού των στεφανιαίων αγγείων μετά την τοποθέτηση της βαλβίδας λόγω της ύπαρξης του κλωβού της, για την αυξημένη επικινδυνότητα τοποθέτησης σε ασθενείς με μεγάλες γωνίες της αορτικής ρίζας, για την απρόβλεπτη τοποθέτηση σε περίπτωση δίπτυχης βαλβίδας και ανευρσματικής διάταξης της ανιούσας αορτής, αλλά κυρίως για τη διάρκεια της ζωής της βαλβίδας λόγω της φύσης της κατασκευής της. Τα προβλήματα φυσικά πολλαπλασιάζονται όταν χρειάζεται να επανατοποθετηθεί βαλβίδα (TAVI-in-TAVI), καθιστώντας εξαιρετικά δύσκολη την πρόσβαση στα στεφανιαία, στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε μικρές ηλικίες.¹⁹⁻²⁰

Πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο η διαμηριαία τοποθέτηση TAVI δείχνει να υπερτερεί πρόσκαιρα της MIAVR. Σε αντίθεση με την MIAVR που απαιτεί γενική αναισθησία και εξωσωματική κυκλοφορία, η TAVI πραγματοποιείται σε πολλά κέντρα με τοπική αναισθησία και μέθη διαδερμικά. Ωστόσο, η χειρουργική παρασκευή των μηριαίων αγγείων θα μπορούσε να προφυλάξει τους ασθενείς από πληθώρα αγγειακών επιπλοκών.²¹

Η MIAVR σε σχέση με την TAVI υπερτερεί στα κλινικά αποτελέσματα αφού φαίνεται ότι πέραν του πρώτου τριμήνου που η TAVI είναι καλύτερα ανεκτή από τους ασθενείς, η καμπύλη ευνοεί σαφώς την χειρουργική μέθοδο.

Άλλη μετανάλυση τονίζει τα μείζονα προβλήματα της TAVI απέναντι στην MIAVR. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στην εκδήλωση παραβαλβιδικής διαφυγής και ανάγκης τοποθέτησης βηματοδότη και οριακά του AEE που οδηγούν σε

αύξηση της θνητότητας στην TAVI, ενώ η TAVI υπερτερεί λόγω μικρότερων ποσοστών νεφρικής δυσπραγίας και μικρότερης ανάγκης για χορήγηση παραγώγων αίματος.^{23,24}

Ακόμη, δεν έχει διευκρινισθεί η διάρκεια ζωής των βαλβίδων TAVI, σε αντίθεση με τις χειρουργικές βαλβίδες που παρουσιάζουν εξαιρετικά μεγάλο προσδόκιμο καλής λειτουργίας.^{27,28} Πρέπει να σημειωθεί ότι η παρουσία του TAVI βοήθησε στον εξορθολογισμό της χρήσης των χειρουργικών βαλβίδων και σήμερα χρησιμοποιούνται βαλβίδες όλο και περισσότερο με τεχνολογία ιδανική για valve-in-valve TAVI ή μηχανικές βαλβίδες που χρειάζονται INR περί το 1,5 χωρίς προβλήματα θρόμβωσης.

Τέλος, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι η μέθοδος TAVI έχει πλήρη ένδειξη για την αντιμετώπιση της στένωσης της αορτής και όχι της ανεπάρκειας της αορτής, ενώ τα αποτελέσματα της μεθόδου στην αντιμετώπιση της παθολογίας της διγλώχινας βαλβίδας δεν είναι ενθαρρυντικά, σε αντιδιαστολή με τα αποτελέσματα και για τις δύο παθολογίες της MIAVR.²⁹

Η μέθοδος TAVI ενδείκνυται απόλυτα για ασθενείς υψηλού περιεχειρηπτικού κινδύνου, σε πορσελανοειδή αορτή, σε ηπατική ανεπάρκεια, επανεπέμβαση (REDO), σε βαριά ΧΑΠ και σε διαμαρτίες του προσθίου θωρακικού τοιχώματος.³⁰

Μεταξύ των δύο επιλογών θα πρέπει πάντοτε να αποφασίζεται ποια είναι η ιδανική από τα μέλη της ομάδας καρδιάς του κάθε καρδιοχειρουργικού κέντρου, αφού στη σημερινή εποχή η θεραπεία είναι εξατομικευμένη και επικεντρωμένη στα προβλήματα του κάθε ασθενή με σκοπό το βέλτιστο κλινικό αποτέλεσμα.³¹

Συμπεράσματα

Σύμφωνα, λοιπόν, με τους όρους που χαρακτηρίζουν την ιδανική τοποθέτηση βαλβίδας φαίνεται ότι η MIAVR, σε σχέση με την MSAVR και την TAVI, αναδεικνύεται ως η ιδανική μέθοδος αντιμετώπισης της παθολογίας της αορτικής βαλβίδας αφού:

- Απευθύνεται σε όλες τις ηλικίες των ασθενών
- Εφαρμόζεται τόσο στη στενωμένη, όσο και στην ανεπαρκή βαλβίδα
- Είναι η απόλυτη μέθοδος για την δίπτυχη βαλβίδα
- Είναι η απόλυτη μέθοδος για την ενδοκαρδίδα
- Αντιμετωπίζει συγχρόνως και το ανεύρυσμα της ανιούσας αορτής
- Δίνει τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης από όλη την γκάμα των βαλβίδων
- Απουσιάζει η παραβαλβιδική διαφυγή
- Ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος τοποθέτησης βηματοδότη
- Δημιουργείται άριστο αισθητικό αποτέλεσμα
- Δίνεται πρόσβαση στα στεφανιαία αγγεία
- Ο ασθενής δεν εκτίθεται σε ακτινοβολία

Βιβλιογραφία

1. Dhillon BS, Fawcett AW. Treatment of aortic insufficiency by the Hufnagel valve with four illustrative cases. *Postgraduate Medical Journal*. 1956;32(371):438-443
2. Cosgrove DM, Sabik JF. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *Ann Thorac Surg*. 1996;62(2):596-597.
3. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: First human case description. *Circulation*. 2002;106(24):3006-3008.
4. Djordjevic, A., Knez, I. Minimally Invasive Aortic Valve Surgery. In: Said, S. M. M., editor. *Heart Valve Surgery* [Working Title] [Internet]. London: IntechOpen; 2022 [cited 2022 Aug 17]. Available from: <https://www.intechopen.com/online-first/79757> doi: 10.5772/intechopen.101739.
5. Glauber M, Miceli A, Bevilacqua S, Farneti PA. Minimally invasive aortic valve replacement via right anterior minithoracotomy: early outcomes and midterm follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011 Dec;142(6):1577-9.
6. Lee CY, Sauer JS, Gorea HR, Martellaro AJ, Knight PA. Comparison of strength, consistency, and speed of COR-KNOT versus manually hand-tied knots in an ex vivo minimally invasive model. *Innovations (Phila)*. 2014 Mar-Apr;9(2):111-6;

7. Staromlynski J, Kowalewski M, Sarnowski W, et al. Midterm results of less invasive approach to ascending aorta and aortic root surgery. *Journal of Thoracic Disease*. 2020;12(11): 6446-6457.
8. Murzi M, Cerillo AG, Miceli A, et al. Antegrade and retrograde arterial perfusion strategy in minimally invasive mitral-valve surgery: a propensity score analysis on 1280 patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013;43:e167-72.
9. Stolinski J, Plicner D, Grudzien G, et al. A comparison of minimally invasive and standard aortic valve replacement. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2016;152(4):1030-1039.
10. Gilmanov D, Solinas D, Farneti PA, et al. Minimally invasive aortic valve replacement: 12-year single center experience. *Annals of Cardiothoracic Surgery*. 2015;4(2): 160-169.
11. Ghanta RK, Lapar DJ, Kern JA, et al. Minimally invasive aortic valve replacement provides equivalent outcomes at reduced cost compared with conventional aortic valve replacement: A real-world multiinstitutional analysis. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2015;149(4):1060-1065.
12. Murtuza B, Pepper JR, Stanbridge RD, et al. Minimal access aortic valve replacement: is it worth it? *Ann Thorac Surg* 2008;85:1121-31.
13. Glauber M, Ferrarini M, Miceli A. Minimally invasive aortic valve surgery: state of the art and future directions. *Ann Cardiothorac Surg*. 2015 Jan;4(1):26-32.
14. Miceli A, Santarpino G, Pfeiffer S, et al. Minimally invasive aortic valve replacement with Perceval S sutureless valve: Early outcomes and one-year survival from two European centers. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;148: 2838-43.
15. Van Mieghem NM, Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, Serruys PW, Windecker S, Søndergaard L, Mumtaz M, Gada H, Chetcuti S, Kleiman NS, Kodali S, George I, Teffy P, Kiaii B, Oh JK, Kappetein AP, Chang Y, Mugglin AS, Reardon MJ; SURTAVI Trial Investigators. Complete 2-Year Results Confirm Bayesian Analysis of the SURTAVI Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020 Feb 10;13(3):323-331.
16. Crouch G, Bennetts J, Sinhal A, Tully PJ, Leong DP, Bradbrook C, Penhall AL, De Pasquale CG, Chakrabarty A, Baker RA, Selvanayagam JB. Early effects of transcatheter aortic valve implantation and aortic valve replacement on myocardial function and aortic valve hemodynamics: insights from cardiovascular magnetic resonance imaging. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015 Feb;149(2):462-70.
17. Bogyi M, Scherthaner RE, Loewe C, Gager GM, Dizdarevic AM, Kronberger C, Postula M, Legutko J, Velagapudi P, Hengstenberg C, Siller-Matula JM. Subclinical Leaflet Thrombosis After Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021 Dec 27;14(24):2643-2656.
18. Sinclair N, Mordhorst A, Yang GK, MacDonald PS, Sidhu R, Reid JDS. Vascular Access Complications and Clinical Outcomes of Vascular Surgical Repairs Following Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI). *Ann Vasc Surg*. 2021 Jul;74:258-263.
19. Yudi MB, Sharma SK, Tang GHL, Kini A. Coronary Angiography and Percutaneous Coronary Intervention After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Mar 27;71(12):1360-1378.
20. Meier D, Akodad M, Landes U, Barlow AM, Chatfield AG, Lai A, Tzimas G, Tang GHL, Puehler T, Lutter G, Leipsic JA, Søndergaard L, Wood DA, Webb JG, Sellers SL, Sathananthan J. Coronary Access Following Redo TAVR: Impact of THV Design, Implant Technique, and Cell Misalignment. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022 Aug 8;15(15):1519-1531.
21. Walas RL, Kukulski L, Rychter J, Jaźwiec T, Gąska M, Hawranek M, Zembala M, Gąsior M, Zembala MO. Vascular access site complications after transfemoral transcatheter aortic valve implantation in the POL-TAVI Registry: surgical versus percutaneous approach. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2020 Feb;61(1):117-122.
22. Barili F, Freemantle N, Musumeci F, Martin B, Anselmi A, Rinaldi M, Kaul S, Rodriguez-Roda J, Di Mauro M, Folliquet T, Verhoye JP, Sousa-Uva M, Parolari A; Latin European Alliance of Cardiovascular Surgical Societies (LEACSS) and with the endorsement of the Latin American Association of Cardiac and Endovascular Surgery (LACES), LEACSS members are the Italian Society of Cardiac Surgery (FB FM MR MdM AP), the Portuguese Society of Cardiac Surgery (MSU), the French Society of Cardiac Surgery (JFV, AA) and the Spanish Society of Cardiac Surgery (JRR) Institutions. Five-year outcomes in trials comparing transcatheter aortic valve implantation versus surgical aortic valve replacement: a pooled meta-analysis of reconstructed time-to-event data. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2022 May 2;61(5):977-987.
23. Doyle MP, Woldendorp K, Ng M, Vallely MP, Wilson MK, Yan TD, Bannon PG. Minimally-invasive versus transcatheter aortic valve implantation: systematic review with meta-analysis of propensity-matched studies. *J Thorac Dis*. 2021 Mar;13(3):1671-1683.
24. Sayed A, Almotawally S, Wilson K, Munir M, Bendary A, Ramzy A, Hirji S, Ibrahim Abushouk A. Minimally invasive surgery versus transcatheter aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis. *Open Heart*. 2021 Jan;8(1):e001535. Erratum in: *Open Heart*. 2021 Oct;8(2):1.
25. Mirsadraee S, Sellers S, Duncan A, Hamadanchi A, Gorog DA. Bioprosthetic valve thrombosis and degeneration following transcatheter aortic valve implantation

- (TAVI). *Clin Radiol.* 2021 Jan;76(1):73.e39-73.e47.
26. Ueyama H, Kuno T, Takagi H, Kobayashi A, Misumida N, Pinto DS, Laham RJ, Baeza C, Kini A, Lerakis S, Latib A, Søndergaard L, Attizzani GF. Meta-Analysis Comparing Valve Durability Among Different Transcatheter and Surgical Aortic Valve Bioprosthesis. *Am J Cardiol.* 2021 Nov 1;158:104-111.
27. Persson M, Glaser N, Nilsson J, Friberg Ö, Franco-Cereceda A, Sartipy U. Comparison of Long-term Performance of Bioprosthetic Aortic Valves in Sweden From 2003 to 2018. *JAMA Netw Open.* 2022 Mar 1;5(3):e220962.
28. Bourguignon T, Bouquiaux-Stablo AL, Candolfi P, Mirza A, Loardi C, May MA, El-Khoury R, Marchand M, Aupart M. Very long-term outcomes of the Carpentier-Edwards Perimount valve in aortic position. *Ann Thorac Surg.* 2015 Mar;99(3):831-7.
29. Makkar RR, Yoon SH, Leon MB, Chakravarty T, Rinaldi M, Shah PB, Skipper ER, Thourani VH, Babaliaros V, Cheng W, Trento A, Vemulapalli S, Kapadia SR, Kodali S, Mack MJ, Tang GHL, Kaneko T. Association Between Transcatheter Aortic Valve Replacement for Bicuspid vs Tricuspid Aortic Stenosis and Mortality or Stroke. *JAMA.* 2019 Jun 11;321(22):2193-2202.
30. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, Capodanno D, Conradi L, De Bonis M, De Paulis R, Delgado V, Freemantle N, Gilard M, Haugaa KH, Jeppsson A, Jüni P, Pierard L, Prendergast BD, Sádaba JR, Tribouilloy C, Wojakowski W; ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2022 Feb 12;43(7):561-632. Erratum in: *Eur Heart J.* 2022 Feb 18;: