

## Αντιμετώπιση σύνθετων ανευρυσμάτων αορτής με τη μέθοδο Frozen Elephant Trunk

ΦΙΛΙΠΠΟΣ-ΠΑΣΧΑΛΗΣ ΡΟΡΡΗΣ<sup>1</sup>  
ΠΑΝΤΕΛΗΣ ΤΣΙΠΑΣ<sup>2</sup>  
ΗΛΙΑΣ ΓΙΣΣΗΣ<sup>1</sup>  
ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΟΚΟΤΣΑΚΗΣ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Τμήμα Χειρουργικής Θώρακος-Καρδιάς-Αγγείων,  
ΓΝΑ «Ο Ευαγγελισμός», Αθήνα

<sup>2</sup> Διακλαδική Καρδιοχειρουργική κλινική,  
401 ΓΣΝΑ, Αθήνα

### Λέξεις ευρετηρίου

Ανεύρυσμα, αορτή, διαχωρισμός, αορτικό τόξο

### Επικοινωνία

Φίλιππος-Πασχάλης Ρόρρης  
Γ.Ν.Α. «Ο Ευαγγελισμός»  
Υψηλάντου 45-47, 10676, Αθήνα  
τηλ: 6947592622  
E-mail: prorris@gmail.com

**Ο**ι παθήσεις της θωρακικής αορτής διαχωρίζονται ευρέως σε παθήσεις της αορτικής ρίζας και της ανιούσης αορτής, του αορτικού τόξου, και της κατιούσης θωρακικής αορτής. Ο διαχωρισμός αυτός της θωρακικής αορτής μας επιτρέπει να κατηγοριοποιούμε τις παθήσεις αυτής ανά πάσχον τμήμα και κατά συνέπεια να επιλέγουμε την βέλτιστη αντιμετώπιση της κάθε πάθησης. Οι παθήσεις της αορτής που αντιμετωπίζονται επεμβατικά είναι τα ανευρύσματα και η φυσική εξέλιξη αυτών (ρήξη, οξεία αορτικός διαχωρισμός) και τα οξεία αορτικά σύνδρομα. Παραδοσιακά, ξεκινώντας από τη δεκαετία του '50, η αντιμετώπιση των παθήσεων της θωρακικής αορτής γίνεται με ανοιχτή καρδιοχειρουργική επέμβαση, γεγονός το οποίο διατηρείται έως και σήμερα. Εξαιρέση αποτελεί η κατιούσα θωρακική αορτή, όπου η ανοιχτή επέμβαση έχει αντικατασταθεί ευρέως από την ενδοαγγειακή αντιμετώπιση. Οι επεμβάσεις στην θωρακική αορτή αποτελούν σύμπλοκες επεμβάσεις οι οποίες θα πρέπει να διενεργούνται σε εξειδικευμένα κέντρα από χειρουργούς με μεγάλη εμπειρία και συνεχώς αυξημένο όγκο περιστατικών. Ενδεικτικό αυτής της αναγκαιότητας είναι το γεγονός ότι έχει παρατηρηθεί αποδεδειγμένα χαμηλή θνητότητα σε επεμβάσεις της θωρακικής αορτής, και συγκεκριμένα στην αντικατάσταση της ανιούσης αορτής, σε κέντρα με μεγάλο όγκο περιστατικών.<sup>1</sup> Επίσης, τα κέντρα αυτά θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να διενεργούν όλο το φάσμα των επεμβάσεων στην αορτή, τόσο με την ανοιχτή προσπέλαση όσο και με την ενδοαγγειακή.

Η αντικατάσταση του αορτικού τόξου συγκαταλέγεται στις πιο σύμπλοκες και τεχνικά απαιτητικές καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις. Η πολυπλοκότητα της επέμβασης έχει να κάνει με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την άρδευση του εγκεφάλου και των σπλάχνων κατά τη διάρκεια της αντικατάστασης του αορτικού τόξου και των αγγείων αυτού. Στην κορυφή της πυραμίδας για την αντιμετώπιση παθήσεων του αορτικού τόξου βρίσκεται η επέμβαση Frozen Elephant Trunk (FET), τεχνική η οποία

χρησιμοποιεί ένα υβριδικό μόσχευμα το οποίο αποτελείται στο ήμισυ του από ένα συνθετικό μόσχευμα Dacron και χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση του τόξου και την εμφύτευση των αγγείων αυτού, και το υπόλοιπο από ένα ενδοαυλικό μόσχευμα το οποίο κατά τη διάρκεια της επέμβασης τοποθετείται δίκην προβιοσκίδας στην κατιούσα θωρακική αορτή.

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης ήταν να αναφερθούμε στην αντιμετώπιση σύμπλοκων ανευρυσμάτων αορτής με τη μέθοδο FET.

## Ιστορική αναδρομή

Παρόλο αποτυχημένη, η πρώτη προσέγγιση στο αορτικό τόξο για αντικατάσταση αυτού έγινε από τον Schafer το 1952.<sup>2</sup> Λίγα χρόνια αργότερα, οι αείμνηστοι Cooley και DeBakey στο Χιούστον του Τέξας, δύο από τους πρωτεργάτες της καρδιοχειρουργικής και αγγειοχειρουργικής, ανέφεραν την πρώτη παγκοσμίως επιτυχημένη αντικατάσταση αορτικού τόξου.<sup>3</sup> Παρόλη την επιτυχία της επέμβασης, ο ασθενής κατέληξε τις πρώτες μετεγχειρητικές ημέρες. Οι ίδιοι δεν πτοήθηκαν και δύο χρόνια αργότερα, το 1957, αναφέρουν άλλη μία επιτυχημένη αντικατάσταση αορτικού τόξου με τη χρήση ομοιομοσχεύματος.<sup>4</sup> Έως τότε, η αντιμετώπιση παθήσεων της αορτής, κυρίως ανευρυσμάτων, είχε αρχίσει να γοητεύει τους χειρουργούς οι οποίοι τολμούσαν να προσεγγίσουν τέτοιου είδους παθήσεις. Τα πρώτα τμήματα της αορτής που αντικαταστάθηκαν από μοσχεύματα για την αντιμετώπιση ανευρυσμάτων ήταν η κοιλιακή αορτή και στη συνέχεια η κατιούσα και η ανιούσα θωρακική αορτή, όταν πλέον άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως η εξωσωματική κυκλοφορία. Το αορτικό τόξο ήταν το τελευταίο τμήμα της αορτής το οποίο προσέγγισαν οι ατρόμητοι χειρουργοί της εποχής εκείνης.<sup>5</sup>

Το 1983, ο Borst από το Αννόβερο της Γερμανίας, εισήγαγε τον όρο Elephant Trunk ως μία τεχνική αντιμετώπισης σύμπλοκων ανευρυσμάτων της θωρακοκοιλιακής αορτής.<sup>6</sup> Η τεχνική αυτή χωριζόταν σε δύο στάδια, το πρώτο από τα οποία ήταν η αντικατάσταση του αορτικού τόξου με ένα πολυκλαδωτό μόσχευμα πάνω στο οποίο αναστομώνονταν τα αγγεία του αορτικού τόξου. Εκτός του μοσχεύματος που χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση του τόξου, ένα επιπλέον μόσχευμα τοποθετείται «δίκην προβιοσκίδας» στην

κατιούσα θωρακική αορτή. Μετά το πέρας μερικών εβδομάδων, οι ασθενείς προσέρχονταν για την δεύτερη φάση της επέμβασης η οποία περιλάμβανε στην αντικατάσταση του υπόλοιπου πάσχοντος τμήματος της αορτής (θωρακική ή/και θωρακοκοιλιακή αορτή) με μία εκτεταμένη θωρακοκοιλιακή προσέγγιση. Το μόσχευμα το οποίο είχε τοποθετηθεί στην πρώτη επέμβαση διευκόλυσε την αντικατάσταση της κατιούσης θωρακικής αορτής, γιατί ο χειρουργός έπρεπε ουσιαστικά αναστομώσει το νέο μόσχευμα πάνω το προϋπάρχον. Η επέμβαση αυτή η οποία στη συνέχεια έμεινε γνωστή ως το κλασικό Elephant Trunk, έγινε ευρέως διαδεδομένη στην καρδιοχειρουργική κοινότητα, και χρησιμοποιείται έως και σήμερα, κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής όπου τα μοσχεύματα για το FET δεν έχουν έγκριση από τον FDA. Μειονεκτήματα της επέμβασης αυτής είναι ότι οι ασθενείς χρειάζεται να υποβληθούν σε δύο μεγάλες ανοιχτές επεμβάσεις, και το μεγάλο ποσοστό θνητότητας το οποίο παρατηρείται μεταξύ των δύο επεμβάσεων.

Η επέμβαση FET είναι πιθανότατα η μεγαλύτερη πρόοδος στην χειρουργική της αορτής από την επινοήση της στις αρχές της χιλιετίας έως και σήμερα. Η τεχνική αυτή είναι η εξέλιξη του κλασικού Elephant Trunk και συνδυάζει την ανοιχτή με την ενδοαγγειακή χειρουργική, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα και των δύο. Η πρώτη δημοσίευση με την περιγραφή της τεχνικής και τα πρώτα αποτελέσματα της έγινε γνωστή το 2005.<sup>7</sup>

## Παθήσεις αορτικού τόξου

Η συχνότερη πάθηση του αορτικού τόξου που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε χειρουργικά είναι το εκφυλιστικό ανεύρυσμα. Η πάθηση αυτή συναντάται συχνότερα σε ασθενείς άνω των 60 ετών οι οποίοι είναι συνήθως υπερτασικοί και έχουν διάχυτη αθηρωμάτωση. Σπανίως αυτοί οι ασθενείς έχουν φυσιολογικό εύρος στην υπόλοιπη αορτή. Παρόλο που τα υπόλοιπα τμήματα της αορτής μπορεί να μην πληρούν τα κριτήρια για επεμβατική αντιμετώπιση, είναι συνήθως σημαντικά διατεταμένα, γεγονός που καθιστά απαιτητική την σχεδίαση και τελικώς υλοποίηση της επέμβασης. Επιπροσθέτως, λόγω της γενικευμένης ανευρυσματικής νόσου, πολλοί εξ αυτών θα χρειαστούν επιπλέον επεμβάσεις στην αορτή όπως ενδοαγγειακή αντιμετώπιση ανευρύσματος

κατιούσης αορτής (thoracic endovascular aortic repair – TEVAR), πέραν της κύριας επέμβασης. Η ένδειξη για την αντιμετώπιση των ανευρυσμάτων του αορτικού τόξου ακολουθεί αυτή της ανιούσης αορτής, ήτοι τα 5,5εκ. διάμετρος και, σε ορισμένες περιπτώσεις, τα 5 εκ.<sup>8,9</sup>

Η δεύτερη συχνότερη πάθηση του αορτικού τόξου η οποία χρήζει χειρουργικής αντιμετώπισης είναι ο διαχωρισμός της αορτής. Ο διαχωρισμός της αορτής μπορεί να είναι οξεί ή χρόνιος και χωρίζεται ευρέως σε τύπου A ή B κατά Stanford, βάσει του αν περιλαμβάνει την ανιούσα αορτή (τύπου A) ή όχι (τύπου B). Η κατηγορία non-A non-B είναι ένας άτυπος ορισμός στον διαχωρισμό της αορτής και χρήζει ιδιαίτερου ενδιαφέροντος καθώς αυτοί οι ασθενείς έχουν συνήθως την πύλη εισόδου του μέσου χιτώνα της αορτής στο αορτικό τόξο και συνεπώς χρειάζονται αντικατάσταση αυτού. Πέραν της ένδειξης για την ανευρυσματική νόσο του αορτικού τόξου, η επέμβαση FET έχει πλέον απόλυτη ένδειξη στην αντιμετώπιση ασθενών με οξύ αορτικό διαχωρισμό οι οποίοι παρουσιάζουν σημεία και συμπτώματα υποάρδευσης ιστών και σπλάχνων (εντερική ισχαιμία, νεφρική ανεπάρκεια, οξεία ισχαιμία κάτω άκρων, κ.ο.κ.) και οι οποίοι έχουν την πύλη εισόδου στο αορτικό τόξο. Η λογική πίσω από αυτό είναι ότι οι ανωτέρω ασθενείς δεν θα επωφελούντο από μία μεμονωμένη αντικατάσταση ανιούσης αορτής ή ημιτόξου καθώς η πύλη εισόδου στο αορτικό τόξο θα παρέμενε ανοιχτή, ο ψευδής αυλός θα συνέχιζε να τροφοδοτείται, και συνεπώς ο αληθής αυλός να λαμβάνει μειωμένης ροής αίματος με αποτέλεσμα την συνεχή υποάρδευση των ιστών και τις καταστροφικές συνέπειες που αυτό συνεπάγεται. Η επέμβαση FET στοχεύει σε αυτό το πρόβλημα με δύο τρόπους • πρώτον, με την αντικατάσταση του αορτικού τόξου επιτυγχάνεται η επιδιόρθωση της κύριας πύλης εισόδου και, δεύτερον, το ενδοαγγειακό τμήμα του μοσχεύματος το οποίο εκπύσσεται στον αληθή αυλό της αορτής, διατηρεί τον αυλό ανοιχτό ενώ παράλληλα συμπιέζει τον ψευδή αυλό με αποτέλεσμα η ροή του αίματος να στρέφεται προς τον αληθή αυλό και την αιμάτωση των σπλάχνων.

## Προεγχειρητικός έλεγχος

Λόγω της σοβαρότητας και πολυπλοκότητας

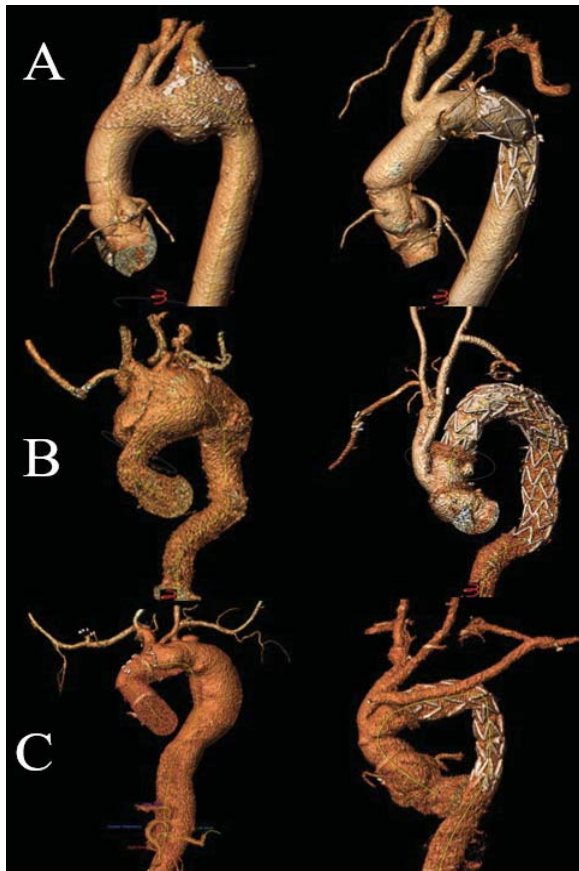
της επέμβασης, οι ασθενείς προεγχειρητικά υποβάλλονται σε έναν διεξοδικό λειτουργικό έλεγχο. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επέμβαση είναι η εξονυχιστική μελέτη της αξονικής αγγειογραφίας η οποία θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας και ευκρίνειας και στην οποία να έχουν ληφθεί τομές μικρότερες του ενός χιλιοστού. Επιπροσθέτως, όλοι οι ασθενείς προεγχειρητικά θα πρέπει να φέρουν ηπηρεχοκαρδιογραφική μελέτη καθώς και να υποβάλλονται σε στεφανιογραφία έτσι ώστε να γνωρίζει ο χειρουργός αν χρειάζονται επιπλέον καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις όπως αντικατάσταση/ επιδιόρθωση βαλβίδων, αορτοστεφανιαία παράκαμψη, κ.ά. ταυτόχρονα με την επέμβαση FET. Ασθενείς με βαρύ καπνισματικό ιστορικό θα πρέπει επίσης να φέρουν σπιρομέτρηση για την λειτουργική εκτίμηση των πνευμόνων προεγχειρητικά.

## Η εμπειρία μας

Η πρώτη επέμβαση FET στο νοσοκομείο μας πραγματοποιήθηκε το 2007 και αφορούσε έναν ασθενή ο οποίος έπασχε από ανεύρυσμα αορτικού τόξου. Έκτοτε, έχουν πραγματοποιηθεί στο τμήμα μας πάνω από 60 επεμβάσεις FET εκ των οποίων οι 25 περίπου αφορούν ασθενείς με οξεία αορτικά σύνδρομα. Η τεχνική εφαρμόστηκε για πρώτη φορά σε οξύ περιστατικό το 2010 και αφορούσε ασθενή με οξύ αορτικό διαχωρισμό. Τα περιστατικά που αναφέρονται αφορούν την εμπειρία ενός χειρουργού (I.K.).

Η χειρουργική τεχνική που χρησιμοποιούμε περιγράφεται σε προηγούμενη δημοσίευση μας και δεν την έχουμε συμπεριλάβει στο παρόν κείμενο.<sup>10</sup>

Από τον Νοέμβριο του 2007, έως και τον Ιούλιο του 2022, συνολικά 60 ασθενείς υπεβλήθησαν στην επέμβαση FET στο νοσοκομείο μας, από τον ίδιο χειρουργό (I.K.). Ο μέσος όρος ηλικίας τους ήταν τα  $63,4 \pm 11$  έτη, και το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών ήταν άνδρες (83,3%). Οι ένδειξη για την αντιμετώπιση των ασθενών με FET ήταν στην πλειοψηφία των ασθενών το ανεύρυσμα του αορτικού τόξου ή/και της κατιούσης θωρακικής αορτής. Ο χρόνιος και ο οξείος αορτικός διαχωρισμός ήταν επίσης οι συχνότερες διαγνώσεις μετά τα ανευρύσματα. Δώδεκα (20%) ασθενείς είχαν προηγηθείσα καρδιοχειρουργική επέμβαση, συνήθως για



**Εικόνα 1.** Τρισδιάστατη ανασύνθεση εικόνων αξονικής αγγειογραφίας. Αριστερά η προεγχειρητική και δεξιά η μετεγχειρητική αξονική αγγειογραφία. (Α) Ασθενής με ανεύρυσμα άνω τμήματος αορτικού τόξου. (Β) Ασθενής με ανεύρυσμα αορτικού τόξου και εστιακό διαχωρισμό ανιούσης θωρακικής αορτής (Τύπου II κατά DeBakey). Σημειώνεται η συμπληρωματική ενδοαγγειακή αντιμετώπιση ανευρύσματος κατιούσης θωρακικής αορτής (completion TEVAR). (C) Ασθενής με χρόνιο αορτικό διαχωρισμό και προηγηθείσα επέμβαση αντικατάστασης ανιούσης θωρακικής αορτής λόγω οξέος αορτικού διαχωρισμού.

επιδιόρθωση/αντικατάσταση της ανιούσης θωρακικής αορτής. Αξιοσημείωτο περιστατικό, μεταξύ άλλων, ήταν ένας νέος άνδρας 33 ετών ο οποίος παραπέμφθηκε στο κέντρο μας λόγω τραυματικής ρήξης αορτικού τόξου μετά από τροχαίο με δίκυκλο. Το περιστατικό αυτό είναι, μέχρι σήμερα, το μοναδικό δημοσιευμένο περιστατικό με αμβλύ τραύμα αορτής όπου πραγματοποιήθηκε η επέμβαση FET.<sup>6</sup> Στην Εικόνα 1 παραθέτουμε τις αξονικές αγγειογραφίες κάποιων ασθενών πριν και μετά την επέμβαση FET. Όλοι οι ασθενείς παρακολουθούνται μετεγχειρητικά από θεράποντα καρδιολόγο αλλά και από τον χειρουργό τους. Από τους ασθενείς ζητάμε τακτικό έλεγχο με αξονική αγγειογραφία μετεγχειρητικά,

και γι αυτό, έχουμε στη διάθεση μας αξονικές τομογραφίες έως και 10 έτη μετά την επέμβαση, οι οποίες δείχνουν το εντυπωσιακό αποτέλεσμα της επέμβασης στην αορτή.

## Σχόλια

Η επέμβαση FET χρησιμοποιείται σήμερα στα περισσότερα μέρη του κόσμου για την βέλτιστη αντιμετώπιση σύμπλοκων παθήσεων της αορτής. Είναι ένα σημαντικό όπλο στην φαρέτρα των καρδιοχειρουργών αλλά συνοδεύεται από σοβαρές διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές επιπλοκές. Μερικές από αυτές τις επιπλοκές είναι η οξεία νεφρική και αναπνευστική ανεπάρκεια, το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, και η ισχαιμία νωτιαίου μυελού που μπορεί να οδηγήσει μέχρι και σε μόνιμη παραπληγία. Επίσης, τα ποσοστά θνητότητας 30 ημερών είναι αυξημένα σε σχέση με άλλες καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις, ακόμα και σε μεγάλες σειρές σε πολύ έμπειρα κέντρα του εξωτερικού.<sup>11,12</sup> Παρόλα αυτά, η επέμβαση FET παραμένει η μοναδική στο είδος της επέμβαση που μπορεί να προσφέρει μόνιμη λύση σε όλες της παθήσεις της θωρακικής αορτής.

## Βιβλιογραφία

1. Papakonstantinou NA, Rorris FP. Elective replacement of the ascending aorta: Is the 5.5-cm threshold appropriate? The insidious, small aorta. *Eur J Cardiothorac Surg* 2021;59(3):554-561.
2. Schafer PW, Hardin CA. The use of temporary polythene shunts to permit occlusion, resection, and frozen homologous graft replacement of vital vessel segments; a laboratory and clinical study. *Surgery* 1952;31(2):186-199.
3. Cooley DA, Mahaffey DE, De Bakey ME. Total excision of the aortic arch for aneurysm. *Surg Gynecol Obstet* 1955;101(6):667-672.
4. De Bakey ME, Crawford ES, Cooley DA, Morris GC, Jr. Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch with replacement by homograft. *Surg Gynecol Obstet* 1957;105(6):657-664.
5. Coselli JS, Green SY. Evolution of aortic arch repair. *Tex Heart Inst J* 2009;36(5):435-437.
6. Borst HG, Walterbusch G, Schaps D. Extensive aortic replacement using "elephant trunk" prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg* 1983;31(1):37-40.
7. Karck M, Chavan A, Khaladj N, Friedrich H, Hagl C, Haverich A. The frozen elephant trunk technique for the

- treatment of extensive thoracic aortic aneurysms: Operative results and follow-up. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2005;28(2):286-290.
8. Erbel R, Aboyans V, Boileau C et al. 2014 esc guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the european society of cardiology (esc). *Eur Heart J* 2014;35(41):2873-2926.
  9. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA et al. 2010 accf/aha/aats/acr/asa/sca/scai/sir/sts/svm guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. A report of the american college of cardiology foundation/american heart association task force on practice guidelines, american association for thoracic surgery, american college of radiology, american stroke association, society of cardiovascular anesthesiologists, society for cardiovascular angiography and interventions, society of interventional radiology, society of thoracic surgeons, and society for vascular medicine. *J Am Coll Cardiol* 2010;55(14):e27-e129.
  10. Rorris FP, Antonopoulos CN, Gissis I, Tsagakis K, Kokotsakis J. E-vita open neo hybrid stent graft: A new frontier for total arch replacement. *Ann Vasc Surg* 2022.
  11. Tsagakis K, Osswald A, Weymann A et al. The frozen elephant trunk technique: Impact of proximalization and the four-sites perfusion technique. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2021.
  12. Tsagakis K, Pacini D, Grabenwoger M et al. Results of frozen elephant trunk from the international e-vita open registry. *Ann Cardiothorac Surg* 2020;9(3):178-188.