

## Εμφύτευση τενοντίων χορδών, διακορυφαία, χωρίς εξωσωματική κυκλοφορία σε ανεπάρκεια μιτροειδούς, επέμβαση «TOP-MINI»

**ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΛΟΖΟΣ**

Καρδιοχειρουργικό τμήμα Γ.Ν.Α. ΙΠΠΟΚΡΑΤΕΙΟ

### Λέξεις ευρετηρίου

Ανεπάρκεια μιτροειδούς, ελάχιστη επεμβατική μέθοδος, βαλβιδοπλαστική, χειρουργείο, προσθετικές τενόντιες χορδές

### Επικοινωνία

**Βασίλειος Λόζος**

Ιπποκράτειο Νοσοκομείο Αθηνών

Βασ. Σοφίας 114, Αθήνα 115 27

Τηλ.: 6937008786

E-mail: lozosvasilis@yahoo.com

Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι η πλαστική επιδιόρθωση της μιτροειδούς υπερέρχει της αντικατάστασης, τόσο από άποψη επιβίωσης όσο και ποιότητας ζωής όταν αυτή γίνεται από κέντρα αριστείας υψηλού όγκου τέτοιων επεμβάσεων. Επίσης τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχουν κερδίσει έδαφος οι τεχνικές “respect rather than resect”, με εμφύτευση τεχνητών τενοντίων χορδών (PTFE), προσπάθεια διατήρησης του γλωχινικού ιστού και αποφυγή εκτομής τμήματος αυτού (τριγωνικής ή τετραπλευρικής ή sliding) λόγω διατήρησης της κινητικότητας της γλωχίνος και ικανής επιφάνειας επαφής κατά την σύγκλιση της μιτροειδούς βαλβίδας.<sup>2,5,8</sup>

Εξέλιξη αυτών αποτελεί η μέθοδος εμφύτευσης τεχνητών νεοχορδών (PTFE 4-0) με διακορυφαία προσπέλαση, χωρίς την χρήση εξωσωματικής κυκλοφορίας, σε πάλλουσα καρδιά με την καθοδήγηση διοισοφαγείου υπερηχογραφήματος σε πραγματικό χρόνο εκτέλεσης καθ'όλη την διάρκεια της επέμβασης.<sup>1,2,5,8</sup>

### Μέθοδος

Η μέθοδος εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 2013 στην Πανεπιστημιακή Καρδιοχειρουργική κλινική της PADOVA στην Ιταλία, από το 2017 ξεκίνησε και στην Ελλάδα (Καρδιοχειρουργικό τμήμα Γ.Ν.Α. «ΙΠΠΟΚΡΑΤΕΙΟ») καθώς και σε οκτώ άλλα Ευρωπαϊκά Καρδιοχειρουργικά κέντρα. Σήμερα εφαρμόζεται επίσης σε είκοσι μεγάλα κέντρα των Η.Π.Α.<sup>14,19</sup>

Η συσκευή που χρησιμοποιούμε σήμερα (DS1000 Neochord) διαθέτει δύο σιαγόνες με αισθητήρες οπτικών ινών που μπορούν να ανοιγοκλείνουν και αναλόγως της ποσότητας του ιστού που συμπεριλαμβάνεται μεταξύ αυτών, ανάβουν από 0-4 λευκά φωτάκια (0= όλα κόκκινα, μόνο αίμα, καθόλου ιστός - 4 λευκά= ικανή ποσότητα ιστού 1cm<sup>2</sup>), εκεί γίνεται η σύλληψη (grasping) της γλωχίνος, διάτρηση αυτής με την βελόνη της συσκευής και εμφύτευσή της.<sup>2,4</sup>

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται πρώτα εκπαίδευση (training) σε βιοεξομοί-

ωπή (bio simulator) όλης της ομάδας και κατόπιν επίβλεψη (proctoring), λόγω συγκεκριμένης καμπύλης εκμάθησης (learning curve).<sup>2,5</sup>

## Ενδείξεις - επιλογή ασθενών

Αφορά ασθενείς με σημαντική ανεπάρκεια μιτροειδούς (ενδείξεις χειρουργικής αντιμετώπισης με βάση τα guidelines) τύπου II κατά Carpentier, δηλαδή αυξημένης κινητικότητας των γλωχίνων λόγω πρόπτωσης ή και ρήξης τενοντίων χορδών (prolapse, flail).<sup>1,2,19</sup> Όταν από το διαθωρακικό υπερηχογράφημα (TTE) διαπιστωθούν τα ανωτέρω προχωρούμε σε μία λεπτομερή μελέτη με διοισοφάγιο (TEE) με 2D και 3D απεικονίσεις και μετρήσεις ώστε να διαπιστωθεί αν τηρούνται οι προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου και με τι προβλεπόμενο αποτέλεσμα.

Οι τύποι A και B θεωρούνται απλούστεροι τεχνικά και με τα καλύτερα αποτελέσματα σε πενταετές follow up, ενώ οι τύποι C και D πολυπλοκότεροι με υποδεέστερα αποτελέσματα.<sup>15</sup>

### B) Δείκτης γλωχίνων – δακτυλίου (Leaflet – Annulus – Index LA INDEX)

Είναι το άθροισμα του μήκους της προσθίας και της οπισθίας γλωχίνος στο «προπίπτον» τμήμα προς την προσθιοπίσθια διάμετρο του μιτροειδικού δακτυλίου, στην συστολή (ενδιαφέρει περισσότερο) και στην διαστολή. Ιδανικά πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 1,2 mm.<sup>5,8,9,15</sup>

### Γ) Δείκτης εφαρμογής – επαφής (Captation – Index)

Είναι το άθροισμα του μήκους της προσθίας και της οπισθίας γλωχίνος στο αντίστοιχο τμήμα, πλην το μήκος της προσθιοπίσθιας διαμέτρου του μιτροειδικού δακτυλίου, δια του 2. Ιδανικά πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 5 mm.<sup>5,8,9,15</sup>

## Χειρουργική Τεχνική setup

Χρησιμοποιούμε χειρουργική ή υβριδική αίθουσα με το σύστημα εξωσωματικής εν αναμονή (για ασφάλεια εάν χρειαστεί επείγουσα μετατροπή) και σύστημα cell saver ώστε να επαναχορηγούμε οποιαδήποτε ποσότητα αίματος χάνεται κατά την διαδικασία.<sup>3,4</sup> Η προετοιμασία (preparation) και η συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή δεδομένων (monitoring) του ασθενούς γίνεται κανονικά όπως σε κάθε καρδιοχειρουργικό ασθενή, με διαθέσιμα τα μηριαία αγγεία άμφω, patch εξωτερικής απινίδωσης, κεντρική και περιφερική φλέβα, Swan Ganz και αρτηριακή γραμμή.<sup>2,3,4</sup> Στην αίθουσα υπάρχει TEE και οθόνη απέναντι από τον χειρουργό ο οποίος πρέπει να είναι γνώστης του υπερήχου, καθότι όλη η επέμβαση πραγματοποιείται όχι βλέποντας την καρδιά αλλά το TEE.<sup>2,3,4</sup> Αντιλαμβανόμαστε την σημαντικότητα της απεικόνισης και της καθοδήγησης από τον εξειδικευμένο καρδιολόγο που διενεργεί το TEE σε συνθήκες πραγματικού χρόνου (realtime) σε όλη την διάρκεια της επέμβασης.<sup>2,4,10</sup>

Ακολουθούν τα επόμενα βήματα (χρόνοι χειρουργικοί)

- Εντοπισμός της κορυφής της καρδιάς (ψηλάφηση και TTE) και επιλογή του κατάλληλου μεσοπλευρίου διαστήματος<sup>2,3,4,10</sup>

	IDEAL	GOOD	POSSIBLE	UNSUITABLE
Location	P2	P1-P2 P2-P3	A2 Bileaflet	Commissural/ paracommissural
Leaflet tissue disease	Leaflet redundancy	Moderate leaflet redundancy	No leaflet redundancy, FED	Rigid leaflet, reduced mobility
LAI	> 1.2 cm	1.15-1.19 cm	1.1-1.14 cm	< 1.1 cm
CI	> 8 mm	6-8 mm	3-6 mm	< 3 mm
Flail width	8-20 mm	20-30 mm	> 30 mm	< 8 mm
Calcification	NO	NO	Mild Annular	Extensive Annular and leaflets
ILVESV	17-37 mL/m <sup>2</sup>	38-45m L/m <sup>2</sup>	45-55 mL/m <sup>2</sup>	> 55 mL/m <sup>2</sup>

Εικόνα. Προχειρτηκικοί - υπερηχογραφικοί δείκτες που προβλέπουν την επιτυχή έκβαση της μεθόδου<sup>16</sup>

Καθοριστικά για τις αποφάσεις είναι:

### A) Ανατομικοί τύποι<sup>5,9,15</sup>

**Τύπος A:** συμμετοχή μόνο του P2 φεστονίου

**Τύπος B:** συμμετέχουν περισσότερα του ενός φεστονία της οπίσθιας γλωχίνος

**Τύπος C:** όταν συνυπάρχει συμμετοχή και της πρόσθιας γλωχίνος

**Τύπος D:** όταν συμμετέχουν οι κομισούρες ή συνυπάρχει ασβέστωση του δακτυλίου ή / και των γλωχίνων.

- Τομή δέρματος (3-4 cm), μεσοπλευρίων μυών, παρασκευή και ανάρτηση περικαρδίου, τοποθέτηση διαστολέα μαλακών μοριών (soft –tissue retractor).<sup>3,4</sup>
- Επιλογή του σημείου εισόδου στην αριστερή κοιλία (LV-entry-point). Είναι πολύ σημαντικό βήμα, γίνεται με “finger-test” και πρέπει η θέση εισόδου να είναι μεταξύ των θηλοειδών μυών, ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε εμπλοκή της συσκευής με τον υποβαλβιδικό μηχανισμό κατά την διάρκεια της πλοήγησής της από την κορυφή στον αριστερό κόλπο κάθε φορά που επιχειρείται εμφύτευση τενόντιας χορδής.<sup>2,3,4,5,10</sup> Αναλόγως των δεικτών LAI και CI μπορούμε να τροποποιήσουμε το σημείο εισόδου περισσότερο προσθίως ή οπισθοπλαγίως, ώστε να έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα. Αυτό προεχειρηπτικής μπορεί να μελετηθεί με διοισοφάγειο (TEE) ή ειδικό πρωτόκολλο αξονικής τομογραφίας καρδιάς (CT – scan).<sup>15</sup>

## Είσοδος της συσκευής στο «entry point» της LV

Γίνεται παρακέντηση της LV με βελόνη και ελέγχουμε την κατεύθυνση πλοήγησης της συσκευής.<sup>12,4</sup> Δημιουργούμε περιπάρεσις με 3-0 prolene & Teflon-felt που αναρτώνται σε tourniquet για έλεγχο της αιμόστασης στην διάρκεια της διαδικασίας αλλά και μετά το πέρας αυτής.<sup>3,4,5</sup>

Πραγματοποιείται η εισαγωγή της συσκευής στην αριστερή κοιλία (LV), όπου θα πρέπει από εδώ και πέρα να την βλέπουμε συνεχώς στις δύο διαστάσεων (2D biplane views), δηλ. να εξασφαλίσουμε ότι βρισκόμαστε διαρκώς στο κέντρο της μιτροειδικής συσκευής και στους δύο άξονες (προσθιοπίσθιο και πλάγιο - πλάγιο / διακομισουριακό).<sup>2,3,4</sup> Στο υποθηλοειδικό τμήμα έχουμε άνεση χειρισμών, από εκεί και πάνω προς τον αριστερό κόλπο η πλοήγηση πρέπει να είναι απολύτως ακριβής. Όταν περάσουμε το επίπεδο της βαλβίδας και δούμε την κεφαλή της συσκευής στον αριστερό κόλπο (LA), παίρνουμε και την τριών διαστάσεων (3D) εικόνα σε “surgical view” δηλαδή κοιτάζοντας την βαλβίδα από τον LA, βλέποντας την αορτική βαλβίδα επάνω, στην ώρα<sup>12,2,3,4</sup> Τότε πραγματοποιείται το test «ελεύθερης κίνησης» της συσκευής και προς τους δύο άξονες δηλ. AP & CC.<sup>2,3,4</sup> Μετά ανοίγουμε τις σιαγόνες

της συσκευής και αποσύρουμε αυτή προς την LV ώστε το ζητούμενο τμήμα της γλωκίνος να βρεθεί μεταξύ των σιαγόνων (ελέγχουμε τόσο στο 2D όσο και στο 3D).<sup>2,3,4</sup> Κατόπιν προσανατολίζουμε την κεφαλή να είναι κατ’ εφραπτόμενη στο τμήμα της γλωκίνος και μετακινούμε προς αυτό ώστε να έχουμε επαρκή ποσότητα ιστού (4 λευκά φώτα).<sup>2,3,4</sup> Εκεί κλείνει η συσκευή, μετακινείται η βελόνη για τρώση της γλωκίνος και αποσύρεται εκτός της συσκευής μαζί με το ράμμα PTFE που αποτελεί την νεοχορδή.<sup>3,4</sup> Με ανοικτές τις σιαγόνες αποσύρουμε την συσκευή και ολοκληρώνουμε τον βρόγχο.<sup>3,4</sup> Έλκουμε απαλά την χορδή, ουσιαστικά την αφήνουμε να κινείται με τις συστολές μέχρι να καθηλωθεί ο βρόγχος στην γλωκίνα.<sup>3,4</sup> Συγκρατούμε την νεοχορδή σε λεπτές λαβίδες εντός του χειρουργικού τραύματος.<sup>3,4</sup> Με ελαφρά έλξη της χορδής ελέγχουμε την επίδραση που έχει στην γλωκίνα και στον βαθμό μείωσης της ανεπάρκειας.<sup>2,3,4</sup> Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία όσες φορές χρειαστεί (συνήθως τρεις χορδές για ένα scallop) μέχρι να εξαφανιστεί πλήρως η ανεπάρκεια.<sup>4</sup>

Καθορισμός του τελικού μήκους των χορδών (final tentioning & overtentioning).<sup>2,4,6,8,16</sup> Με έλξη όλων μαζί ή μία μία των χορδών, καθηλώνουμε εκεί που έχουμε μηδενική ανεπάρκεια.<sup>2,3,4,6,16</sup> Μετά κάνουμε ελάχιστο χιλιοστά “over tentioning” ώστε να αφήσουμε μια trivial ανεπάρκεια και καθηλώνονται -δένονται εκεί οι χορδές σε ένα κομμάτι Teflon felt 1x1 cm στην επικαρδιακή επιφάνεια της LV μεταξύ των perstrings.<sup>2,3,4,5</sup> Ο λόγος είναι ότι στις επόμενες ώρες ή ημέρες όπου θα πέσει το τοπικό οίδημα της κορυφής και θα αρχίσει ήδη η αρνητική αναδιαμόρφωση της LV, το σχετικό μήκος της χορδής (δηλ. μήκος χορδής/μήκος μακρού άξονα) θα αυξηθεί κατά τι (διότι θα μειωθεί το μήκος του μακρού άξονα) και έτσι θα επιτευχθεί τελικώς μηδενική ανεπάρκεια.<sup>4,5,8</sup>

Το σημαντικότερο πριν την τελική καθήλωση των χορδών είναι ότι μπορούμε και ελέγχουμε σε πραγματικές συνθήκες το αποτέλεσμα και την ανθεκτικότητα της επέμβασης, φορτίζοντας με όγκο (volume loading) την αρ. κοιλία δίνοντας όγκο στην κεντρική γραμμή ή με πίεση (pressure loading-μεταφόρτιο) δίνοντας αγγειοσυσπαστικά και ανεβάζοντας την αρτηριακή πίεση στο επιθυμητό επίπεδο, κάτι που δεν έχουμε την δυνατότητα στις άλλες μεθόδους (ανοικτές ή minimal) όσο εί-

μαστε σε CPB.<sup>2,4,8</sup> Πρέπει να βγούμε από CPB να ελέγξουμε και εάν δεν είμαστε ικανοποιημένοι να επιχειρήσουμε με δεύτερο κύκλο CPB.

Εφόσον είμαστε ικανοποιημένοι από το αποτέλεσμα, γίνεται επιμελής αιμόσταση, τοποθετείται σωλήνας παροχέτευσης, πραγματοποιείται σύγκλιση του τραύματος κατά την ανατομική τάξη<sup>3,4</sup> και ο ασθενής αποσωληνώνεται 2 ή 3 ώρες μετά, στην ΜΕΘ, όταν εξασφαλιστεί από το monitoring ότι όλες οι παράμετροι είναι κατάλληλες. Η παραμονή του στο θάλαμο νοσηλείας είναι για δύο ημέρες όπου εξέρχεται με έλεγχο TTE ή TEE (εξόδου).<sup>19</sup>

## Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα σε σχέση με τον ανατομικό τύπο για την τριετία, όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου (απουσία θανάτου, ανάγκη για επανεπέμβαση και υπολειπόμενοι MR > 2 αγγίζουν το 85 % συνολικά για τους τύπους A και B (simple) ενώ για τους C και D (complex) το 64%.<sup>3,5,9</sup>

Από τα υπερηχογραφικά δεδομένα στον πρώτο χρόνο μετά την επέμβαση διαπιστώνεται στατιστικώς πολύ σημαντική αρνητική αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας, του αριστερού κόλπου και των πνευμονικών πιέσεων (LVEDVi, LVESVi, LVEF, LAVi, Spap:0.001).<sup>18</sup>

Η αρνητική αναδιαμόρφωση συνεχίζεται και στο δεύτερο έτος με πολύ σημαντική στατιστικώς διαφορά σε LVEDi, LVEF, (< 0.001) και σημαντική στους υπόλοιπους δείκτες.<sup>18</sup>

Τα πενταετή αποτελέσματα από μία προοπτική μελέτη ενός κέντρου (218 ασθενείς) ανά ανατομικό τύπο είναι συνολικά για όλους τους τύπους: Trivial MR : 25%, 1+ MR: 47%, 2+MR 17%, 3+MR 13%. Για τον τύπο A αντίστοιχα 31%, 48%, 14%, 7%. Για τον τύπο B: 23%, 62%, 15%, 0%. Για τον τύπο C είχαμε υποτροπή 3+MR σε όλους τους ασθενείς 100% που φτάσανε στην πενταετία και για τον τύπο D είχαμε: 0%, 34%, 33% και 33%. Είναι λοιπόν πολύ σημαντική η επιλογή των ασθενών με βάση τα ανατομικά κριτήρια.<sup>7,9,13</sup>

Τα κλινικά αποτελέσματα της πενταετίας (NYHA class) είναι ακόμα καλύτερα: σχεδόν όλοι οι ασθενείς βρισκόταν σε NYHA I ή NYHA II.<sup>5</sup> Επίσης επιτεύχθηκε αποφυγή υποτροπής της MR (freedom of MR) σε 74,7% για όλους τους τύπους συνολικά, σε 86,7% για τους τύπους A και B μαζί (simple) και σε 32,6 % για τους τύπους C

και D μαζί (complex).<sup>7</sup> Παρατηρήθηκε τεχνική επιτυχία στο 98,6 %, επιτυχία της συσκευής στο 93,11 %, επιτυχία της μεθόδου στο 90,88% και επιτυχία του ασθενούς στο 76,38%.<sup>7</sup>

Έχουν επίσης πραγματοποιηθεί ένα σύνολο πρωτοποριακών-συνδυαστικών επεμβάσεων με την TOP-MINI όπως: Ταυτόχρονη εμφύτευση διαδερμικών μιτροειδικών δακτυλίων (COMBO cases), “edge to edge” με neochords, επαναγγείωση του LAD off-pump, επιδιόρθωση προηγούμενη χειρουργικής πραγματοποιηθείσα επιδιόρθωση ανεπάρκειας μιτροειδούς, αύξηση του ιστού της γλωκίνος με περικάρδιο “leaflet augmentation“, TAVI & TOP MINI, TOP MINI & PCI, TOP MINI αποκλεισμός του αριστερού ωτίου με επικαρδιακό κλίπ.<sup>9, 11, 12</sup>

## Τι έρχεται στο μέλλον

Η νέα συσκευή ULTRACHORD (δεν διατίθεται ακόμα εμπορικά) απλοποιεί ακόμα περισσότερο την επέμβαση λόγω του εργονομικού σχεδιασμού της, της δυνατότητας περιστροφής των σιαγόνων κατά 360° και της κίνησης της βελόνης με σκανδάλη (trigger – actuated needle).

Η επίτευξη σε πειραματικό και προσφάτως σε κλινικό επίπεδο (τρεις ασθενείς) της μεθόδου με διαμηριαία-διαμεσοκοιλιακή προσπέλαση με νεότερη συσκευή θα μεταφέρει αυτή σε micro-invasive επίπεδο (neochord NeXus).<sup>17</sup>

Μέχρι σήμερα υπάρχει μία μόνο αναδρομική μελέτη που συγκρίνει τα άμεσα αποτελέσματα μεταξύ της συμβατικής πλαστικής μιτροειδούς και της TOP – MINI, κατά την οποία η συμβατική έχει στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά: α) μεταγγίσεων αίματος, β) κολπικής μαρμαρυγής, γ) νεφρικής ανεπάρκειας και δ) αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, ενώ η TOP-MINI μεγαλύτερο ποσοστό υπολειπόμενης μέτριας – σοβαρής MR.<sup>13</sup>

Τα αποτελέσματα στα επόμενα χρόνια της μελέτης RECHORD, προοπτική τυχαίοποιημένη από 20 κέντρα στις Η.Π.Α. όπου θα συγκρίνει τα αποτελέσματα όλων των χειρουργικών μεθόδων πλαστικής μιτροειδούς (ανοικτές και minimal invasive) με την TOP-MINI αναμένεται να δώσουν την ανάλογη θέση στις κατευθυντήριες οδηγίες.

## Βιβλιογραφία

1. Colli A, Manzan E, Rucinskas K, Janusauskas V, Zucchetta F, Zakarkaitė D, Aidietis A, Gerosa G. Acute safety and efficacy of the NeoChord procedure†. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015 May;20(5):575-80; discussion 580-1.
2. Demetrio P, Andrea C, Gianclaudio F, Antonio M, Gino G, Carlo O. Transesophageal echocardiography in NeoChord procedure. *Ann Card Anaesth.* 2015 Apr-Jun;18(2):191-7.
3. Salihi S, Özalp B, Saçlı H, Kara İ, Köksal C. Is trans-apical off-pump neochord implantation a safe and effective procedure for mitral valve repair? *Anatol J Cardiol.* 2019 Nov;22(6):319-324.
4. Seeburger J, Winkfein M, Noack T, Mohr F. Transapical neo-chord implantation. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2011 Jan 1;2011.
5. Coutinho, Gonçalo F.: Transapical off-pump mitral valve repair with NeoChord implantation: Is less better? *Revista Portuguesa de Cardiologia (English edition)* 2021; 40,12: 943-945
6. Grinberg D, Cottinet PJ, Thivolet S, Audigier D, Capsal JF, Le MQ, Obadia JF. Measuring chordae tension during transapical neochordae implantation: Toward understanding objective consequences of mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019 Sep;158(3):746-755.
7. D'Onofrio A, Fiocco A, Nadali M, Mastro F, Aruta P, Lorenzoni G, Pittarello D, Gerosa G; Padova Neochord Working Group. Outcomes of transapical mitral valve repair with neochordae implantation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022 Apr 9:S0022-5223(22)00387-7.
8. Cohn BM, Bartus K, Tang GHL, Nguyen TC. Finding the Future: The 10 Commandments of Beating Heart Mitral Valve Repair. *Innovations (Phila).* 2020 Jan/Feb;15(1):17-21.
9. D'Onofrio A, Fiocco A, Nadali M, Gerosa G. Transapical mitral valve repair procedures: Primetime for minimally-invasive mitral valve surgery. *J Card Surg.* 2021 Sep 22.
10. Wróbel K, Kurnicka K, Zygier M, Dyk W, Wojdyga R, Zieliński D, Jarzębska M, Juraszyński Z, Lichodziejewska B, Pruszczyk P, Biederman A, Speziali G, Kasten U. Transapical off-pump mitral valve repair. First experience with the NeoChord system in Poland (report of two cases). *Kardiologia Pol.* 2017;75(1):7-12.
11. Albertini A, Roussakis A, Raviola E, Zucchetta F, Tripodi A. Direct Beating Heart NeoChord Mitral Valve Re-Repair. May 2020. doi:10.25373/ctsnet.12320789
12. Budra M, Janušauskas V, Zorinas A, Zakarkaitė D, Aidietis A, Samalavičius R, Ručinskas K. Rescue transventricular off-pump mitral valve repair with artificial neochords for acute mitral regurgitation due to postinfarction papillary muscle rupture. *JTCVS Tech.* 2021 Oct 2;10:231-242.
13. Zorinas A, Lipnevicius A, Bleizgytė V, Janušauskas V, Liekienė D, Budra M, Samalavičius RS, Drąsutienė A, Zakarkaitė D, Aidietis A, Ručinskas K. Comparison of early postoperative results between conventional and transapical mitral valve repair. *Postępy Kardiologii Interwencyjnej.* 2019;15(4):439-445.
14. Carmen Maria Moldovan, Vasilis Lozos, Constantina Aggeli, Konstantinos Triantafyllou, Emmanouil Vavouranakis: Mitral valve repair with the transapical neochord implantation in a patient with mixed connective tissue disease. *I am Cardiol.* 2019; 73 ( 9-Supplement 1 JACC Journals, GACC Archives)
15. Colli A, Zucchetta F, Kliger C, Bellu R, Francone M, Sedati P, Jelmin V, Ruiz CE, Manzan E, Besola L, Bizzotto E, Gerosa G. CT for the Transapical Off-Pump Mitral Valve Repair With Neochord Implantation Procedure. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2017 Nov;10(11):1397-1400.
16. Grinberg, D., Le, MQ., Kwon, Y.J. et al. Mitral valve repair based on intraoperative objective measurement. *Sci Rep* 9, 4677 (2019).
17. "Transfemoral Mitral Valve Repair System Wins CRT 2022. Best Innovation Competition. <https://www.crt-online.org/news-detail/transfemoral-mitral-valve-repair-system-wins-crt-2>
18. Kurnicka K, Wróbel K, Zdończyk O, Bielecki M, Juraszyński Z, Biederman A, Pruszczyk P. Early echocardiographic results of transapical off-pump mitral valve repair with the NeoChord DS1000 device in patients with severe mitral regurgitation due to posterior leaflet prolapse: first experiences in Poland. *Postępy Kardiologii Interwencyjnej.* 2019;15(1):20-27.