

Κλινική Έρευνα

Η Στροφή της Κορυφής ως Πρώιμος Προβλεπτικός Δείκτης Συστολικής Δυσλειτουργίας της Αριστερής Κοιλίας στο Οξύ Πρόσθιο Έμφραγμα του Μυοκαρδίου

ΣΑΒΒΑΣ ΤΟΥΜΑΝΙΔΗΣ, ΑΝΝΑ ΚΑΛΑΝΤΑΡΙΟΥ, ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΠΡΑΜΟΣ, ΗΛΙΑΣ ΣΚΑΛΤΣΙΩΤΗΣ, ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΓΡΙΟΣ, ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΒΑΣΙΛΑΔΙΩΤΗΣ, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΜΠΟΥΚΑΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΩΤΤΗΣ, ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ

Θεραπευτική Κλινική, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Αθηνών, Νοσοκομείο «Αλεξάνδρα», Αθήνα

Λέξεις ευρετηρίου:
Speckle tracking
ηχοκαρδιογραφία;
συστροφή;
έμφραγμα
μυοκαρδίου.

Ημερ. παραλαβής
εργασίας:
5 Φεβρουαρίου 2012·
Ημερ. αποδοχής:
10 Σεπτεμβρίου 2012

Διεύθυνση
Επικοινωνίας:
Σάββας Τουμανίδης

Λεωφόρος Βασ. Σοφίας
80 & Λούρου 115 28
Αθήνα
e-mail: stouman@otenet.gr

Εισαγωγή: Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να διερευνηθεί εάν η στροφή της κορυφής της αριστερής κοιλίας (ΑΚ), όπως εκτιμάται με την speckle tracking ηχοκαρδιογραφία (STE), αποτελεί πρώιμο δείκτη της συστολικής δυσλειτουργίας της ΑΚ μετά από οξύ πρόσθιο έμφραγμα του μυοκαρδίου (OEM).

Μέθοδος: Η STE ανάλυση εφαρμόστηκε στις απεικονίσεις της κορυφής και της βάσης της ΑΚ κατά το βραχύ άξονα σε 21 χοίρους με ανοικτό θώρακα, πριν και μετά την απολίπωση του προσθίου κατιόντα κλάδου της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας. Καταγράφηκαν η ακτινική (radial) και περιμετρική (circumferential) παραμόρφωση (strain) και ο ρυθμός παραμόρφωσης της ΑΚ, η στροφή της κορυφής και της βάσης καθώς και η συστροφή της ΑΚ.

Αποτελέσματα: Η στροφή της κορυφής ($3,68 \pm 1,73^\circ$ προ-OEM έναντι $2,19 \pm 1,64^\circ$ μετά-OEM, $p < 0,009$), ο ρυθμός στροφής της, η ακτινική και περιμετρική παραμόρφωση της κορυφής καθώς και ο ρυθμός παραμόρφωσής τους μειώθηκαν σημαντικά 30 λεπτά μετά το OEM. Η συστροφή (torsion) της ΑΚ μειώθηκε σημαντικά. Το κλάσμα εξώθησης (ΚΕ) της ΑΚ συσχετίζεται με τη συστροφή της ΑΚ ($r = 0,31$, $p < 0,05$) καθώς και με την παραμόρφωση και τις στροφικές μεταβολές της κορυφής αλλά όχι της βάσης. Η ανάλυση πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ανέδειξε ότι το ΚΕ σχετίζεται ανεξάρτητα με την κλασματική βράχυνση του επιμήκους άξονα της ΑΚ ($b = 0,58$, $p < 0,001$), τη στροφή της κορυφής ($b = 0,32$, $p < 0,006$) και το dP/dt_{max} ($b = 0,26$, $p < 0,02$). Από την ανάλυση των καμπύλων ROC προέκυψε ότι η επιφάνεια κάτω από τη καμπύλη για τη στροφή της κορυφής ήταν $0,765$, $p < 0,006$ και η καλύτερη διαχωριστική τιμή των $2,92^\circ$ είχε ευαισθησία 80% και ειδικότητα 71% για την πρόβλεψη ΚΕ $< 40\%$.

Συμπέρασμα: Η στροφή της κορυφής, όπως εκτιμάται με την STE, θα μπορούσε να αποτελέσει πρώιμο αναίμακτο δείκτη της συστολικής δυσλειτουργίας της ΑΚ στο OEM και παρουσιάζει σημαντική σχέση με το ΚΕ της ΑΚ. Ο προσδιορισμός της θα μπορούσε να αποδειχθεί χρήσιμος τόσο στην έρευνα όσο και στην κλινική πράξη.

Η σύμπλοκη αρχιτεκτονική των μυοκαρδιακών ινών της αριστερής κοιλίας (ΑΚ) συμβάλλει ζωτικά στη φυσιολογική απόδοση της λειτουργικότητάς της.¹ Η σύσπαση των λοξά διατεταγμένων μυοκαρδιακών ινών παράγει συστολική κίνηση της ΑΚ εν είδη «στραγ-

γίσματος» ή «στυψίσματος», ως αποτέλεσμα της στροφής της κορυφής και της βάσης προς αντίθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις. Η ηχοκαρδιογραφία ανίχνευσης των ακουστικών ψηφιδών (speckle tracking echocardiography - STE) είναι απλή μέθοδος για την εκτίμηση της πα-

ραμόρφωσης (strain), της στροφής (rotation) και της συστροφής (twist) της ΑΚ.² Προηγούμενες μελέτες – κυρίως κλινικές – έχουν εκτιμήσει το ρυθμό συστροφής και αποσυστροφής σε ασθενείς με οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου (ΟΕΜ), αλλά η οξεία επίδραση του ΟΕΜ στη μηχανική της στροφής/συστροφής και στην παραμόρφωση της ΑΚ δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Με βάση προηγούμενες μελέτες, η επίδραση του ΟΕΜ στη συστροφή της ΑΚ φαίνεται να σχετίζεται περισσότερο με το μέγεθος παρά με την εντόπιση του εμφράγματος, ενώ η συστροφή σχετίζεται ανεξάρτητα με το κλάσμα εξώθησης (ΚΕ) της ΑΚ.³⁻⁵ Άλλη πειραματική μελέτη έδειξε ότι η ακτινική και η περιμετρική παραμόρφωση και συστροφή μειώθηκαν σημαντικά στην περιοχή κατανομής του προσθίου κατιόντα κλάδου της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας (ΠΚΑΣ) μετά την απόφραξή του.⁶ Η εκτίμηση των μεταβολών της γεωμετρίας και της λειτουργικότητας της ΑΚ κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της αναδιαμόρφωσης μετά από ΟΕΜ είναι πολύ σημαντική για την πρόγνωση και τη θεραπεία, ιδιαίτερα όταν γίνεται μέσα στα πλαίσια της αξιολόγησης του αποτελέσματος διαφόρων θεραπευτικών στρατηγιών.⁷⁻⁹ Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η πειραματική διερεύνηση της αξίας της στροφής της κορυφής της ΑΚ ως πρώιμου προβλεπτικού δείκτη της συνολικής συστολικής δυσλειτουργίας της ΑΚ στο ΟΕΜ.

Μέθοδοι

Το πρωτόκολλο της μελέτης πληρούσε τις «Αρχές για τη φροντίδα των πειραματόζωων» και τις «Κατευθυντήριες οδηγίες για τη φροντίδα και τη χρήση των πειραματόζωων» που εκδόθηκαν από την Εθνική Ακαδημία Επιστημών και το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας των Η.Π.Α. (έκδοση 85-23, αναθεώρηση 1996) και εγκρίθηκε από την επιτροπή δεοντολογίας για την έρευνα σε ζώα του νοσοκομείου «Αλεξάνδρα».

Χειρουργική προετοιμασία και παρασκευή

Είκοσι ένας υγιείς χοίροι, βάρους 35 ± 5 kg, αφού έλαβαν καταστολή με ενδομυϊκή χορήγηση 5 mg/kg μιδαζολάμης και 5 mg/kg καλιούχου κεταμίνης, υποβλήθηκαν σε αναισθησία με ενδοφλέβια (ΕΦ) χορήγηση 5 mg/kg νατριούχου θειοπεντάλης, διασωληνώθηκαν και τέθηκαν σε μηχανικό αερισμό (Sulla 808V, Drager Medizintechnik GmbH, Germany). Η διατήρηση της αναισθησίας έγινε με ΕΦ χορήγηση 0,1 – 0,2 mg/kg προποφόλης. Κατά τη διάρκεια του

πειράματος η συντήρηση της αναλγησίας επιτεύχθηκε με τη χορήγηση του οπιοειδούς, φαιντανύλη. Επιπρόσθετο αναισθητικό εχορηγείτο κατά τη διάρκεια του πειράματος, εάν χρειαζόταν. Θηκάρι 7F τοποθετήθηκε στη δεξιά έσω σφαγίτιδα φλέβα για τη χορήγηση φαρμάκων και υγρών. Η απώλεια υγρών αντισταθμιζόταν με τη συνεχή χορήγηση φυσιολογικού ορού στη δεξιά έσω σφαγίτιδα φλέβα. Διαμέσου της αριστερής έξω καρωτίδας, τοποθετήθηκε καθετήρας pigtail 6F στην κοιλότητα της ΑΚ, για την καταγραφή της πίεσης της ΑΚ. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος υπήρχε καταγραφή και παρακολούθηση της απαγωγής ΙΙ του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ), της πίεσης της ΑΚ και του κορεσμού σε οξυγόνο της αιμοσφαιρίνης. Μετά την τοποθέτηση των καθετήρων, χορηγήθηκαν 5000 IU εφάπαξ ΕΦ ηπαρίνης για την αποφυγή σχηματισμού ενδαγγειακών θρόμβων. Η θερμοκρασία του ζώου παρακολουθείτο με θερμομέτρηση του ορθού. Ακόμη, τοποθετήθηκε καθετήρας Foley υπερηβικά. Τα ζωτικά σημεία και η αναπνευστική λειτουργία παρακολουθούνταν για την επίτευξη ομοιόστασης. Οι συνθήκες φόρτισης διατηρήθηκαν σταθερές μετά το ΟΕΜ και κατά τη διάρκεια των διαφόρων χειρισμών.

Πραγματοποιήθηκε τυπική μέση στερνοτομή, και μετά από αφαίρεση του θύμου και επιμήκη περικαρδιοτομή, έγινε αποκάλυψη του προσθίου κατιόντος κλάδου της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας (ΠΚΑΣ). Δύο ράμματα 3-0 Prolene (Ethicon, Johnson & Johnson Co., European Logistics Centre, Sint-Stevens-Woluwe, Belgium) τοποθετήθηκαν αμέσως μετά την έκφυση του πρώτου διαγώνιου κλάδου του ΠΚΑΣ, ώστε να χρησιμεύσουν ως απολίνωση. Τα τέσσερα άκρα των δύο ραμμάτων περάστηκαν μέσα από ανελαστικό πλαστικό σωλήνα μήκους 5 cm. Έχοντας εξασφαλίσει τα άκρα των ραμμάτων, ο σωλήνας προωθήθηκε προς το επικάρδιο μέχρι το εγγύς τμήμα του να απέχει 3-5 mm από τον ΠΚΑΣ. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργήθηκε θηλιά περισίφιξης γύρω από τον ΠΚΑΣ, χωρίς απολίνωση, έτοιμη για το επόμενο στάδιο του πειράματος. Πριν την απολίνωση, η παγίδευση του ΠΚΑΣ επαληθεύτηκε με έλξη προς τα επάνω. Η κορυφή της ΑΚ παρατηρείτο για τη εμφάνιση αλλαγής της χροιάς του μυοκαρδίου ως ένδειξη διακοπής της στεφανιαίας ροής, επιβεβαιώνοντας έτσι τη επικαρδιακή ισχαιμία.

Βασική ηχωκαρδιογραφία

Η ηχωκαρδιογραφική μελέτη διενεργήθηκε με τη χρήση ψηφιακού συστήματος υπερήχων (GE Medical

Systems Ultrasound Israel Ltd., Tirat Hacarmel, Israel) με μορφοτροπέα phased array 3,5 MHz. Στην ηχοκαρδιογραφική απεικόνιση 2- διαστάσεων χρησιμοποιήθηκε η 2η αρμονική. Οι ρυθμίσεις του μηχανήματος διατηρήθηκαν σταθερές για κάθε πείραμα. Οι ακόλουθες παράμετροι μετρήθηκαν πριν και 30 min μετά το OEM:¹⁰ η τελο-διαστολική και η τελο-συστολική διάμετρος της ΑΚ στον επιμήκη (Εδ, Εσ) και στο βραχύ άξονα (Βδ, Βσ), αντίστοιχα, η κλασματική βράχυνση αυτών (ΚΒΕ% και ΚΒΒ% στον επιμήκη και στο βραχύ άξονα, αντίστοιχα) όπως προκύπτει από τον τύπο: $KB(\%) = ([\delta - \sigma] / \delta) \times 100$, ο τελο-διαστολικός (ΤΔΟ) και τελο-συστολικός (ΤΣΟ) όγκος της ΑΚ, το ΚΕ (τροποποιημένος κανόνας του Simpson). Ο όγκος παλμού (ΟΠ) και η καρδιακή παροχή (ΚΠ) μετρήθηκαν και υπολογίστηκαν από την υποξιοειδική επικαρδιακή θέση σε προβολή 4 καρδιακών κοιλοτήτων. Επίσης, υπολογίστηκαν οι ταχύτητες της πλώιμης (Ε) και της όψιμης (Α) διαστολικής διαμυροειδικής ροής, ο χρόνος επιβράδυνσης του κύματος Ε, όπως και ο λόγος Ε/Α. Με το ιστικό Doppler, μετρήθηκε στο πλάγιο τμήμα του μιτροειδικού δακτυλίου, σε κορυφαία προβολή 4 κοιλοτήτων, το συστολικό κύμα (S) και το πρῶμο (ε') και όψιμο (α') διαστολικό κύμα. Από αυτά υπολογίστηκε ο λόγος ε'/α'. Επίσης υπολογίστηκε ο λόγος Ε/ε'. Προκειμένου να καθοριστεί ο χρονισμός των γεγονότων του καρδιακού κύκλου, καταγράφηκε η διαμυροειδική ροή και η ροή στο χώρο εξόδου της ΑΚ με τη χρήση του παλμικού Doppler. Τρεις διαδοχικοί καρδιακοί κύκλοι αποθηκεύονταν σε μορφή cine-αγκύλης για ανάλυση μετά την ηχοκαρδιογραφική εξέταση. Η μέση τιμή υπολογίστηκε για κάθε παράμετρο.

Δισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία παραμόρφωσης

Η εκτίμηση της στρωφής και της συστρωφής της ΑΚ πραγματοποιήθηκε με τη λήψη συγκεκριμένων τομών κατά το βραχύ άξονα, χρησιμοποιώντας ειδικά οδηγία σημεία: η τομή της βάσης λήφθηκε στο επίπεδο των γλωχίνων της μιτροειδούς βαλβίδας χωρίς να περιλαμβάνεται ο μιτροειδικός δακτύλιος, ενώ η τομή της κορυφής λήφθηκε σε επίπεδο περιφερικότερο των θηλοειδών μυών. Καταβλήθηκε κάθε προσπάθεια ώστε η διατομή της ΑΚ να είναι όσο το δυνατόν κυκλική. Η συχνότητα λήψης των εικόνων (frame rate) ήταν 65-80/s. Σε κάθε φάση, τρεις διαδοχικοί καρδιακοί κύκλοι αποθηκεύονταν σε μορφή cine-αγκύλης για ανάλυση μετά την ηχοκαρδιογραφική εξέταση, με το εξειδικευμένο λογισμικό EchoPac PC (version 7.0, GE Medical Systems). Το ενδοκαρδιακό

όριο, σε κάθε τομή κατά το βραχύ άξονα, σχεδιάστηκε χειρωνακτικά. Στη συνέχεια, ορίστηκε μια περιοχική ενδιαφέροντος (ΠΕ) που περιελάμβανε ολόκληρο το πάχος του μυοκαρδίου. Δόθηκε προσοχή ώστε να μη περιληφθεί περικάρδιο εντός της ΠΕ. Η θέση της ΠΕ όπως και το εύρος αυτής μπορούσαν να αναπροσαρμοσθούν χειρωνακτικά όταν η ανίχνευση των ακουστικών ψηφίδων φαινόταν πτωχή, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη ανίχνευση. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος του λογισμικού διαιρούσε αυτόματα την ΑΚ στο βραχύ άξονα σε 6 ίσα τμήματα. Τέλος, το λογισμικό προσδιόριζε αυτόματα το κοιλιακό κεντροειδές για τη μέση μυοκαρδιακή γραμμή, για κάθε εικόνα ξεχωριστά, και υπολόγιζε με ανάλυση χρόνου την παραμόρφωση της ΑΚ (ακτινική και περιμετρική), τη στροφή και τη στροφική ταχύτητα για κάθε τμήμα και στα δύο επίπεδα του βραχέος άξονα. Στη συνέχεια, οι καμπύλες της περιοχικής παραμόρφωσης αναλύθηκαν, και η μέγιστη ακτινική και περιμετρική παραμόρφωση μετρήθηκαν για κάθε τμήμα και στα δύο επίπεδα. Η μέση στροφή και στροφική ταχύτητα της ΑΚ χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της συστρωφής και του ρυθμού συστρωφής της ΑΚ. Παρατηρώντας από την κορυφή, η στροφή κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού εκφράστηκε με θετικές τιμές, ενώ η στροφή με φορά αντίθετη αυτής των δεικτών του ρολογιού χαρακτηρίστηκε με αρνητικό πρόσημο.¹¹ Ως συστρωφή της ΑΚ ορίστηκε η απόλυτη διαφορά ανάμεσα στη στροφή της βάσης και της κορυφής, σε μοίρες (°). Επειδή ο βαθμός της στρωφής για τον ίδιο βαθμό ροπής της ΑΚ αυξάνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από το επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της ΑΚ, η συστρωφή της ΑΚ αναμένεται να ποικίλει ανάλογα με την απόσταση στα επίπεδα στα οποία γίνεται η λήψη της βασικής και κορυφαίας τομής κατά το βραχύ άξονα. Η συστρωφή/mm μήκους (°/mm) της ΑΚ υπολογίστηκε ως συστρωφή της ΑΚ/μήκος Εδ (μετρούμενο ανάμεσα στη βάση και την κορυφή της ΑΚ στην τελοδιαστολή).¹¹ Η αντίθετη στροφή μετά τη συστρωφή της ΑΚ ορίστηκε ως αποσυστρωφή της ΑΚ, ενώ η παράγωγος σε σχέση με το χρόνο της αποσυστρωφής της ΑΚ ορίστηκε ως ρυθμός αποσυστρωφής της ΑΚ (°/s). Μετρήθηκαν οι ακόλουθες παράμετροι: (1) μέγιστη κορυφαία και βασική στροφή και ρυθμός στρωφής, (2) μέγιστη συστρωφή της ΑΚ, μέγιστη συστρωφή/mm μήκους της ΑΚ, μέγιστος ρυθμός συστρωφής/mm μήκους της ΑΚ και μέγιστος ρυθμός αποσυστρωφής της ΑΚ και (3) η μέγιστη κορυφαία και βασική συστολική ακτινική και περιμετρική παραμόρφωση και ρυθμός παραμόρφωσης.

Πειραματικό Πρωτόκολλο

Μετά την ολοκλήρωση της χειρουργικής παρασκευής, ακολούθησε χρονική περίοδος διάρκειας 15 min προκειμένου να σταθεροποιηθεί το πειραματόζωο. Τα δεδομένα λήφθηκαν αρχικά πριν την απολίνωση του ΠΚΑΣ (control) και στη συνέχεια 30 min μετά την απολίνωση. Το OEM προκλήθηκε με την απολίνωση του ΠΚΑΣ έλκοντας τα τέσσερα άκρα των δύο ραμμάτων. Η απολίνωση τοποθετήθηκε στην ίδια θέση σε όλα τα πειραματόζωα. Δύο πειραματόζωα εξαιρέθηκαν από την ανάλυση μετά το OEM λόγω ανεπιτυχούς ανάνηψης από κοιλιακή μαρμαρυγή αμέσως μετά την απολίνωση του ΠΚΑΣ.

Στατιστική Ανάλυση

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέση τιμή \pm SD. Η σύγκριση των μεταβλητών ανάμεσα στις δύο ομάδες έγινε με το unpaired t-test του student. Η ανάλυση πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (regression analysis - forward stepwise) εφαρμόστηκε για τον καθορισμό των ανεξάρτητων συσχετίσεων του ΚΕ. Μόνο σημαντικές μεταβλητές στη μονοπαραγοντική ανάλυση εισάγονταν ως συμπαράγοντας στο πολυπαραγοντικό μοντέλο. Η διαγνωστική χρησιμότητα των λειτουργικών μεταβλητών συγκρίθηκε με τη χρήση των καμπύλων ROC. Η καλύτερη διαχωριστική τιμή ορίστηκε ως το σημείο με το υψηλότερο άθροισμα ευαισθησίας και ειδικότητας. Τα αποτελέσματα εκφραστήκαν ως επιφάνεια κάτω από την καμπύλη ROC ή 95% όρια αξιοπιστίας για αυτή την επιφάνεια. Η τιμή $p < 0,05$ θεωρήθηκε στατιστικά σημαντική. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 19,0 (SPSS, Inc., Chicago, Illinois).

Αποτελέσματα

Αιμοδυναμικές παράμετροι και συμβατική ηχοκαρδιογραφία

Οι μετρήσεις που έγιναν μετά το πρόσθιο OEM έδειξαν σημαντική αύξηση της τελο-συστολικής διαμέτρου στον επιμήκη άξονα της ΑΚ ($59,16 \pm 6,21$ mm έναντι $63,64 \pm 7,35$ mm, $p < 0,04$) και ελάττωση της ΚΒΕ ($10,62 \pm 4,54\%$ έναντι $3,95 \pm 3,01\%$, $p < 0,001$), ενώ οι διαστάσεις στο βραχύ άξονα και η ΚΒΒ δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά (Πίνακας 1). Ο ΤΣΟ αυξήθηκε σημαντικά, ενώ ο ΟΠ, το ΚΕ και η ΚΠ ελαττώθηκαν σημαντικά ($p < 0,001$ για όλα) μετά το OEM.

Από το ιστικό Doppler, η πρόωμη διαστολική ταχύτητα του μιτροειδικού δακτυλίου e' ($p < 0,002$) και ο λόγος e'/a' ($p < 0,02$) ελαττώθηκαν σημαντικά. Η συστολική πίεση της ΑΚ ελαττώθηκε σημαντικά (προ-OEM $94,82 \pm 11,87$ mmHg έναντι $84,50 \pm 11,07$ mmHg μετά-OEM, $p < 0,007$), ενώ η καρδιακή συχνότητα αυξήθηκε σημαντικά ($p < 0,02$). Οι δείκτες εκκεντωκότητας (λόγος Εδ/Βδ και Εσ/Βσ) δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά.

Μεταβολές στην παραμόρφωση και τη στροφή

Οι παράμετροι της παραμόρφωσης και της στροφής της κορυφής της ΑΚ ήταν αυτές που επηρεάστηκαν κυρίως μετά το πρόσθιο OEM (Πίνακας 2). Η στροφή ($3,68 \pm 1,73^\circ$ προ-OEM έναντι $2,19 \pm 1,64^\circ$ μετά-OEM, $p < 0,009$), ο μέγιστος ρυθμός συστολικής στροφής, η ακτινική και περιμετρική παραμόρφωση, όπως και ο ρυθμός παραμόρφωσης ελαττώθηκαν σημαντικά (Εικόνα 1). Οι παράμετροι της παραμόρφωσης και της στροφής της βάσης της ΑΚ δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά. Η σφαιρική συστροφή/mm μήκους της ΑΚ ελαττώθηκε σημαντικά ($0,13 \pm 0,03^\circ/\text{mm}$ έναντι $0,10 \pm 0,04^\circ/\text{mm}$, $p < 0,05$), ενώ η συστροφή και ο ρυθμός συστροφής και αποσυστροφής δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά.

Οι μεταβολές του ΚΕ, στο συνολικό πληθυσμό της μελέτης, συσχετίστηκαν κυρίως και σημαντικά με την ΚΒΕ (ΚΒΕ, $r = 0,72$, $p < 0,001$) και έδειξαν δευτερεύουσες συσχετίσεις με την ΚΒΒ ($r = 0,32$, $p < 0,04$), τη συστολική πίεση της ΑΚ ($r = 0,48$, $p < 0,002$) και το dP/dt_{\max} της ΑΚ ($r = 0,36$, $p < 0,02$) (Πίνακας 3). Οι μεταβολές της παραμόρφωσης και της στροφής της κορυφής της ΑΚ ήταν αυτές που συσχετίστηκαν πρωταρχικά με το ΚΕ, αλλά όχι αυτές της βάσης της ΑΚ (Εικόνα 2). Το ΚΕ παρουσίασε ασθενή μεν αλλά σημαντική δε συσχέτιση με τη συστροφή της ΑΚ ($r = 0,31$, $p < 0,05$). Από την πολύ-παραγοντική μέθοδο διερεύνησης της στατιστικής εξάρτησης βρέθηκε ότι η ΚΒΕ ($b = 0,58$, $p < 0,001$), η στροφή της κορυφής της ΑΚ ($b = 0,32$, $p < 0,006$) και το dP/dt_{\max} της ΑΚ ($b = 0,26$, $p < 0,02$) συσχετίζονταν ανεξάρτητα με το ΚΕ.

Από την ανάλυση των καμπύλων ROC προέκυψε ότι η επιφάνεια κάτω από τη καμπύλη για τη στροφή της κορυφής ήταν $0,765$, $p < 0,006$ και η καλύτερη διαχωριστική τιμή των $2,92^\circ$ παρουσίασε ευαισθησία 80% και ειδικότητα 71% για πρόβλεψη ΚΕ $< 40\%$ (Εικόνα 3). Η μεταβλητότητα ανάμεσα σε διαφορετικούς παρατηρητές ήταν $r = 0,90$ για το ΚΕ και τη συστροφή/mm μήκους της ΑΚ (το σταθερό σφάλμα της

Πίνακας 1. Σύγκριση αιμοδυναμικών και συμβατικών ηχοκαρδιογραφικών παραμέτρων πριν και μετά το OEM

	Προ-OEM (n=21)	Μετά-OEM (n=19)	p
Εδ (mm)	66,20 ± 6,04	66,22 ± 7,12	0,99
Εσ (mm)	59,16 ± 6,21	63,64 ± 7,35	<0,04
ΚΒΕ (%)	10,62 ± 4,54	3,95 ± 3,01	<0,001
Βδ (mm)	25,73 ± 2,80	26,37 ± 3,75	0,54
Βσ (mm)	16,89 ± 2,35	18,19 ± 4,24	0,23
ΚΒΒ (%)	34,09 ± 7,85	31,26 ± 10,59	0,34
Σχέση Εδ/Βδ	2,61 ± 0,35	2,57 ± 0,50	0,78
Σχέση Εσ/Βσ	3,59 ± 0,67	3,75 ± 1,19	0,60
ΤΔΟ (ml)	62,36 ± 10,32	62,44 ± 14,59	0,98
ΤΣΟ (ml)	29,77 ± 6,22	41,07 ± 10,34	<0,001
ΟΠ (ml)	32,59 ± 5,72	21,37 ± 6,17	<0,001
ΚΕ (%)	52,43 ± 5,13	34,21 ± 6,44	<0,001
ΚΠ (ml/min)	3.038,35 ± 644,62	2.257,62 ± 675,06	<0,001
Κύμα Ε (mm/s)	62,05 ± 15,64	51,68 ± 10,48	0,20
Κύμα Α (mm/s)	62,67 ± 15,68	62,47 ± 13,51	0,97
Σχέση Ε/Α	1,04 ± 0,39	0,86 ± 0,20	0,07
Χρόνος επιβράδυνσης Ε (ms)	136,17 ± 23,17	124,01 ± 35,82	0,21
Ιστικό Doppler - S (cm/s)	0,09 ± 0,04	0,07 ± 0,03	0,20
Ιστικό Doppler - ε' (cm/s)	0,09 ± 0,03	0,06 ± 0,02	<0,002
Ιστικό Doppler - α' (cm/s)	0,10 ± 0,03	0,15 ± 0,15	0,18
Σχέση ε'/α'	1,03 ± 0,61	0,52 ± 0,24	<0,02
Σχέση Ε/ε'	8,24 ± 4,36	9,81 ± 4,64	0,28
Καρδιακή συχνότητα (συστολές/min)	94,01 ± 17,57	107,16 ± 17,46	<0,02
Συστολική πίεση ΑΚ (mmHg)	94,82 ± 11,87	84,50 ± 11,07	<0,007
Μέση πίεση ΑΚ (mmHg)	62,13 ± 8,46	55,34 ± 8,85	<0,02
Συστολική πίεση ΑΚ × καρδιακή συχνότητα (mmHg × συστολές/min)	8.900,58 ± 2034,26	9.096,23 ± 2130,31	0,77
Τελο-διαστολική πίεση ΑΚ (mmHg)	8,80 ± 2,82	10,55 ± 3,94	0,11
dP/dt _{max} ΑΚ (mmHg/s)	1,38 ± 0,31	1,18 ± 0,32	0,06
Διάρκεια QRS (ms)	72,75 ± 7,49	69,46 ± 6,53	0,15

Συντομογραφίες: κύμα Α: ταχύτητα όψιμης διαστολικής διαμτροειδικής ροής, ΚΠ: καρδιακή παροχή, ΚΕ: κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας, ΤΔΟ: τελο-διαστολικός όγκος της αριστερής κοιλίας, ΤΣΟ: τελο-συστολικός όγκος της αριστερής κοιλίας, κύμα Ε: ταχύτητα πρόωμης διαστολικής διαμτροειδικής ροής, ΚΒΕ: κλασματική βράχυνση της ΑΚ κατά τον επιμήκη άξονα, ΚΒΒ: κλασματική βράχυνση της ΑΚ κατά το βραχύ άξονα, Εδ: τελο-διαστολική διάμετρος της ΑΚ κατά τον επιμήκη άξονα, Εσ: τελο-συστολική διάμετρος της ΑΚ κατά τον επιμήκη άξονα, Βδ: τελο-διαστολική διάμετρος της ΑΚ κατά το βραχύ άξονα, Βσ: τελο-συστολική διάμετρος της ΑΚ κατά το βραχύ άξονα, ΟΠ: όγκος παλμού, S: μέγιστη συστολική ταχύτητα μιτροειδικού δακτυλίου με το ιστικό Doppler, ε': πρόωμη διαστολική ταχύτητα μιτροειδικού δακτυλίου με το ιστικό Doppler, α': όψιμη διαστολική ταχύτητα μιτροειδικού δακτυλίου με το ιστικό Doppler.

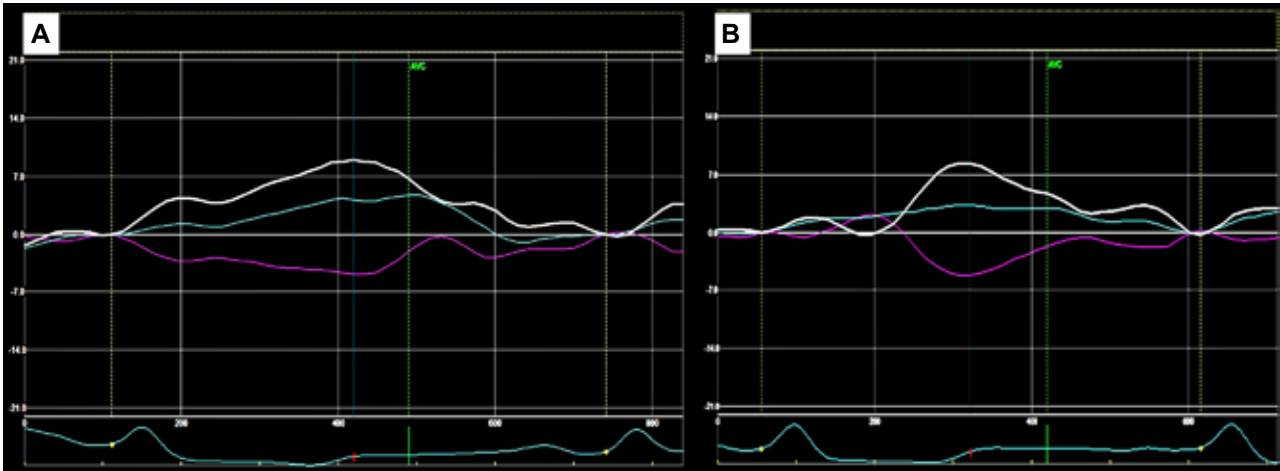
εκτίμησης ήταν 8,8% και 8,6%, αντίστοιχα). Η μεταβλητότητα για τον ίδιο παρατηρητή ήταν $r = 0,95$ για το ΚΕ και $r = 0,96$ για τη συστροφή/mm μήκους της ΑΚ (το σταθερό σφάλμα της εκτίμησης ήταν 4,3% και 5,4%, αντίστοιχα).

Συζήτηση

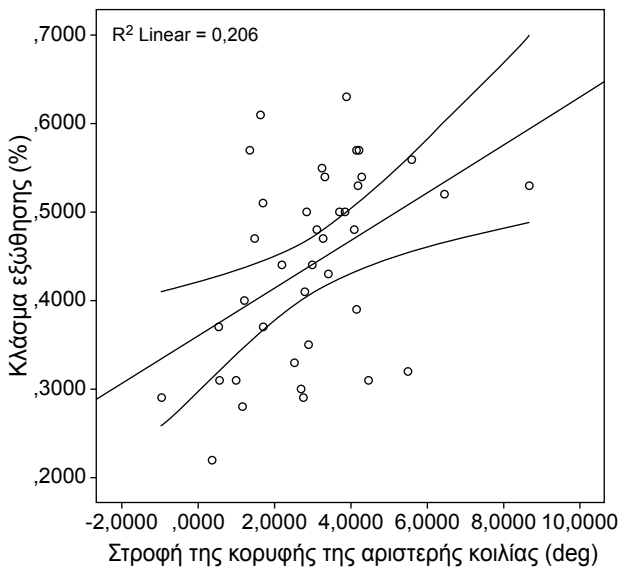
Η μελέτη αυτή παρέχει μια νέα αντίληψη της παθοφυσιολογίας της οξείας φάσης της αναδιαμόρφωσης 30 min μετά το OEM. Η νέκρωση των μυοκαρδιακών κυττάρων μετά το OEM έχει ως αποτέλεσμα μια ανώμαλη διαδικασία αναδιαμόρφωσης η οποία τυπικά μεταβάλλει το μέγεθος, τη γεωμετρία και τη λειτουργικότητα της ΑΚ. Υπό συνθήκες αναδιαμόρ-

φωσης μετά το OEM, η διάταση της ΑΚ, η διάμεση ίνωση και ο σχηματισμός ουλώδους ιστού θεωρούνται υπεύθυνοι για τις συστροφικές μεταβολές της ΑΚ.^{13,14} Η μελέτη αυτή δείχνει την αξία της στροφής της κορυφής (που αντανακλά την επίδραση της οξείας μυοκαρδιακής νέκρωσης των μυοκαρδιακών κυττάρων στις παραμορφωτικές και συστροφικές ιδιότητες του μυοκαρδίου) στην πρόβλεψη της μείωσης του ΚΕ πριν την ανάπτυξη της τυπικής αναδιαμόρφωσης μετά το OEM. Η μελέτη αυτή θα ήταν πάρα πολύ δύσκολο να διεξαχθεί σε ασθενείς.

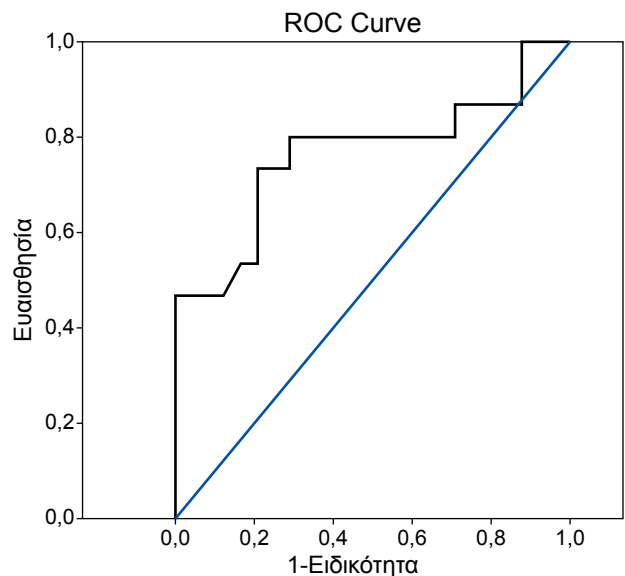
Τα κύρια ευρήματα αυτής της μελέτης μπορούν να συνοψισθούν ως εξής: (1) Υπήρξε άμεση μείωση της συστολικής και της διαστολικής απόδοσης του μυοκαρδίου όπως φαίνεται από την αύξηση της



Εικόνα 1. Η εικόνα Α δείχνει αντιπροσωπευτική περίπτωση συστολής της αριστερής κοιλίας (8.94°) πριν από το οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου. Το λευκό χρώμα σχεδιασμού υποδηλώνει τη συστολή της αριστερής κοιλίας, το γαλάζιο υποδηλώνει τη στροφή της κορυφής (4.75°) και το μωβ υποδηλώνει τη στροφή της βάσης. AVC = Κλείσιμο αορτικής βαλβίδας. Εικόνα Β. Στο ίδιο πειραματόζωο 30 λεπτά μετά το έμφραγμα, δείχνει μικρή μείωση της συστολής της αριστερής κοιλίας (8.42°) και σημαντική μείωση της στροφής της κορυφής (3.23°).



Εικόνα 2. Συσχέτιση μεταξύ του κλάσματος εξώθησης της αριστερής κοιλίας και της στροφής της κορυφής ($r=0,45$, $p<0,004$), όπως εκτιμάται με την speckle-tracking ηχοκαρδιογραφία στο σύνολο του πληθυσμού.



Εικόνα 3. Καμπύλη ROC για τον έλεγχο της ακρίβειας της στροφής της κορυφής της αριστερής κοιλίας στην πρόβλεψη κλάσματος εξώθησης $<40\%$. Η καλύτερη διαχωριστική τιμή των $2,92^\circ$ παρουσίασε ευαισθησία 80% και ειδικότητα 71% για πρόβλεψη κλάσματος εξώθησης $<40\%$. Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη για τη στροφή της κορυφής ήταν $0,765$, $p<0,006$.

τελο-διαστολικής διαμέτρου κατά τον επιμήκη άξονα, τη μείωση της κλασματικής βράχυνσης αυτού, την αύξηση του ΤΣΟ και την ελάττωση του ΟΠ, του ΚΕ, της ΚΠ, του e' και του λόγου e'/a' . (2) Οι παραμορφωτικές και στροφικές ιδιότητες της κορυφής της

ΑΚ επηρεάστηκαν στην υπεροξεία φάση του OEM, όπως φαίνεται από την ελάττωση της στροφής, του μέγιστου ρυθμού συστολικής στροφής, της ακτινικής και περιμετρικής παραμόρφωσης όπως και του

Πίνακας 2. Η επίδραση του προσθίου OEM στις παραμέτρους παραμόρφωσης και στροφής της ΑΚ.

	Προ-OEM (n=21)	Μετά-OEM (n=19)	p
Συστροφή/mm μήκους της ΑΚ (°/mm)	0,13 ± 0,03	0,10 ± 0,04	<0,05
Συστροφή ΑΚ (°)	8,36 ± 2,32	6,96 ± 2,63	0,08
Ρυθμός συστολικής συστροφής της ΑΚ (°/s)	58,84 ± 16,82	51,60 ± 13,44	0,15
Μέγιστος ρυθμός αποσυστροφής της ΑΚ (°/s)	-79,36 ± 26,04	-70,33 ± 24,50	0,27
Βάση ΑΚ			
Στροφή (°)	-5,34 ± 1,51	-5,59 ± 2,09	0,66
Μέγιστος ρυθμός συστολικής στροφής (°/s)	-42,82 ± 16	-47,19 ± 17,86	0,42
Μέγιστη ακτινική παραμόρφωση	41,3 ± 13,76	42,04 ± 13,81	0,87
Μέγιστος ρυθμός συστολικής ακτινικής παραμόρφωσης (s ⁻¹)	1,83 ± 0,55	1,83 ± 0,47	0,99
Μέγιστη συστολική περιμετρική παραμόρφωση	-12,30 ± 3,72	-13,04 ± 2,65	0,48
Μέγιστος ρυθμός συστολικής περιμετρικής παραμόρφωσης (s ⁻¹)	-0,81 ± 0,27	-0,83 ± 0,26	0,80
Κορυφή ΑΚ			
Στροφή (°)	3,68 ± 1,73	2,19 ± 1,64	<0,009
Μέγιστος ρυθμός συστολικής στροφής	29,96 ± 12,82	18,55 ± 18,69	<0,03
Μέγιστη ακτινική παραμόρφωση	40,86 ± 12,21	19,34 ± 13,69	<0,001
Μέγιστος ρυθμός συστολικής ακτινικής παραμόρφωσης (s ⁻¹)	1,77 ± 0,51	1,42 ± 0,51	<0,03
Μέγιστη συστολική περιμετρική παραμόρφωση	-15,33 ± 4,74	-9,82 ± 4,20	<0,001
Μέγιστος ρυθμός συστολικής περιμετρικής παραμόρφωσης (s ⁻¹)	-1,07 ± 0,28	-0,60 ± 0,18	<0,001

Πίνακας 3. Σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ του κλάσματος εξώθησης και δεικτών λειτουργικότητας, παραμόρφωσης και στροφής της αριστερής κοιλίας στο γενικό πληθυσμό της μελέτης.

Μεταβλητές	ΚΕ (%) Συντελεστής συσχετίσης	p<
KBE (%)	0,72	0,001
KBB (%)	0,32	0,04
Χρόνος επιβράδυνσης E (ms)	0,35	0,03
Ιστικό Doppler - e' (cm/s)	0,46	0,003
Συστολική πίεση ΑΚ (mmHg)	0,48	0,002
dP/dtmax ΑΚ (mmHg/s)	0,36	0,02
Συστροφή ΑΚ (°)	0,31	0,05
Στροφή κορυφής (°)	0,45	0,004
Μέγιστος ρυθμός συστολικής στροφής κορυφής (°/s)	0,46	0,003
Μέγιστη ακτινική παραμόρφωση κορυφής	0,51	0,001
Μέγιστη συστολική περιμετρική παραμόρφωση κορυφής	-0,37	0,02
Μέγιστος ρυθμός συστολικής περιμετρικής παραμόρφωσης κορυφής (s ⁻¹)	-0,59	0,001

Συντομώσεις όπως και στον Πίνακα 1.

ρυθμού παραμόρφωσης. (3) Οι μεταβολές του ΚΕ συσχετίστηκαν κυρίως με τις παραμορφωτικές και στροφικές μεταβλητές της κορυφής, ενώ η στροφή της κορυφής δείχτηκε ότι ήταν ανεξάρτητος προβλεπτικός δείκτης της ελάττωσης του ΚΕ.

Ο προσανατολισμός των μυοκαρδιακών ινών του τοιχώματος της ΑΚ μεταβάλλεται από μια αριστερόστροφη έλικα, υπεπικαρδιακά σε μια δεξιόστροφη έλικα, υπενδοκαρδιακά.¹⁵⁻¹⁸ Η σύσπαση αυτών των λοξά προσανατολισμένων ινών παράγει συστροφική κίνηση της ΑΚ εν είδη «στραγγίσματος» ή «στυ-

ψίματος». Η συστροφική παραμόρφωση καθορίζεται από το καθαρό αποτέλεσμα των θετικών συστροφικών παραμορφωτικών δυνάμεων που αναπτύσσονται υπεπικαρδιακά και των αρνητικών συστροφικών παραμορφωτικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στις υπενδοκαρδιακές ίνες.¹⁶⁻¹⁸ Η απώλεια της συστροφής είναι αποτέλεσμα της μείωσης της αντιωρολογιακής στροφής της κορυφής. Λόγω αυτής της σοβαρής ελάττωσης της παραμόρφωσης της κορυφής, δεν μπορεί να παραχθεί επαρκής στροφική κίνηση της κορυφής που είναι και ο κύριος καθοριστικός παρά-

γοντας της συστολικής συστροφής της ΑΚ. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της ελάττωσης της περιμετρικής παραμόρφωσης της κορυφής που μπορεί να επηρεάσει τη συστροφική συμπεριφορά της ΑΚ. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι η στροφή, ο μέγιστος ρυθμός συστολικής στροφής, η ακτινική και περιμετρική παραμόρφωση όπως και ο ρυθμός παραμόρφωσης ελαττώθηκαν σημαντικά 30 min μετά την απολίνωση του ΠΚΑΣ.

Πειραματικές^{18,19} και κλινικές²⁰ μελέτες έχουν δείξει ελάττωση της στροφής της ΑΚ μετά από οξεία ισχαιμία. Οι μελέτες σε πειραματόζωα έδειξαν εξεσημασμένη μείωση της στροφικής κίνησης στα διατοιχωματικά εμφράγματα μετά από απολίνωση στεφανιαίας αρτηρίας.²¹ Αρκετές εργασίες έχουν επιβεβαιώσει τη σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη συστροφή της ΑΚ και το ΚΕ.^{4,22,23} Παρόλα αυτά, η ακριβής σχέση μεταξύ της στροφής της κορυφής της ΑΚ έναντι του ΚΕ δεν έχει πλήρως διερευνηθεί. Προηγούμενες μελέτες κατέδειξαν τον κεντρικό ρόλο της στροφής της κορυφής στην εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΑΚ σε διάφορες καρδιακές παθήσεις, χρησιμοποιώντας τη μαγνητική τομογραφία (MRI) με επισήμανση (tagging) του μυοκαρδίου²⁴⁻²⁶ ή την ηχοκαρδιογραφία ανίχνευσης των ακουστικών ψηφιδών (STE).^{3,11} Η συμφωνία μεταξύ της MRI και της STE, ως προς την εκτίμηση της συστροφής της ΑΚ, ανευρέθη πολύ καλή τόσο σε ασθενείς όσο και σε φυσιολογικά άτομα.^{3,27-29} Η συστροφή της ΑΚ επηρεάζεται περισσότερο από τη στροφή της κορυφής παρά από τη στροφή της βάσης, και η στροφή της κορυφής παρουσιάζει εξεσημασμένη μείωση στο OEM.¹¹ Σε προηγούμενη εργασία οι Kim και συν. πρότειναν ότι η στροφή της κορυφής, εκτιμώμενη με STE, θα μπορούσε να είναι ένας ουσιαστικός αναίμακτος δείκτης της σφαιρικής συσταλτικότητας της ΑΚ και βρήκαν ότι σχετιζόταν περισσότερο με το dP/dt_{max} παρά με το ΚΕ.³⁰ Τα ευρήματά μας με την πολυπαραγοντική ανάλυση έδειξαν ανεξάρτητη συσχέτιση του ΚΕ της ΑΚ με τη στροφή της κορυφής, ισχυρότερη από αυτή με το dP/dt_{max} . Το ΚΕ της ΑΚ είναι, με τα έως τώρα δεδομένα, ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης συστολικής λειτουργίας της ΑΚ. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ύπαρξη τμηματικών διαταραχών της τοιχωματικής κινητικότητας μετά από OEM, ελαττώνει σημαντικά την ακρίβεια του ΚΕ. Ο ανακριβής υπολογισμός του όγκου της ΑΚ (παρά την εφαρμογή του τροποποιημένου διεπίπεδου κανόνα του Simpson) θα μπορούσε να ερμηνεύσει αυτή τη σημαντική μείωση της ακρίβειας, επειδή η δισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία

στηρίζεται σε γεωμετρικές παραδοχές και υπόκειται σε σφάλματα που σχετίζονται με τη θέση των επιπέδων λήψης των εικόνων. Αντίθετα, η στροφή της κορυφής υπολογίζεται από την παραστερνική θέση κατά το βραχύ άξονα στο επίπεδο της κορυφής, που είναι συνήθης θέση ανίχνευσης τμηματικών διαταραχών της τοιχωματικής κινητικότητας. Το γεγονός ότι η ελάττωση της στροφής της κορυφής της ΑΚ παρατηρείται ανεξάρτητα από το στεφανιαίο αγγείο που θα απολινωθεί ή τη θέση της απολίνωσης, υποδηλώνει ότι η στροφή της κορυφής μπορεί να χρησιμεύσει ως δείκτης της σφαιρικής και όχι μόνο της περιοχικής λειτουργικότητας της ΑΚ.^{19,30,31} Επομένως, η στροφή της κορυφής της ΑΚ θα μπορούσε να αποτελέσει πιο ακριβή δείκτη της απόδοσης της ΑΚ από ότι το ΚΕ. Επιπλέον, παρατηρήθηκε άμεσος επηρεασμός της διαστολικής λειτουργίας της ΑΚ μετά το OEM, όπως φαίνεται από την ελάττωση των δεικτών του ιστικού Doppler, *ε'* και της σχέσης *ε'/α'*. Παρόμοιες μεταβολές έδειξαν οι διαμυτροειδικοί διαστολικοί δείκτες E και η σχέση E/A αν και η μείωσή τους ήταν στατιστικά μη σημαντική. Οι διαφορές ανάμεσα στους διαμυτροειδικούς και τους δείκτες του ιστικού Doppler πιθανώς να οφείλονται στο γεγονός ότι οι παράμετροι του ιστικού Doppler είναι πιο ευαίσθητοι δείκτες δυσλειτουργίας της ΑΚ.³²

Τα ευρήματά μας έδειξαν ότι η στροφή της κορυφής και η στροφή της βάσης ανταποκρίνονται διαφορετικά στο OEM. Η στροφή της κορυφής έδειξε σημαντικές μεταβολές, ενώ η στροφή της βάσης δεν επηρεάστηκε ουσιαστικά. Το ΚΕ είχε σημαντική συσχέτιση με τις παραμέτρους παραμόρφωσης και στροφής της κορυφής, ενώ η συσχέτιση με τις αντίστοιχες παραμέτρους της βάσης ήταν μη σημαντική. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν σε συμφωνία με εκείνα από προηγούμενες μελέτες.^{20,27}

Οι παρατηρήσεις αυτές υποδηλώνουν ότι η στροφή της κορυφής μπορεί να χρησιμεύσει ως δείκτης συσταλτικότητας της ΑΚ και ότι η μέτρησή της, με τη χρήση μόνο της STE, προσφέρει μια αναίμακτη εκτίμηση της σφαιρικής λειτουργικότητας της ΑΚ. Εάν όντως συμβαίνει έτσι, η τεχνική αυτή είναι πολλά υποσχόμενη για χρήση στην καθημερινή κλινική πράξη.

Περιορισμοί

Υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στην παρούσα οξεία μελέτη που έχουν αντίκτυπο στις δυνητικές άμεσες κλινικές εφαρμογές. Ένας σημαντικός περιορισμός είναι ότι τα πειράματα πραγματοποιήθη-

καν σε χοίρους με ανοιχτό θώρακα υπό αναισθησία. Επομένως, δεν μπορούν να αποκλειστούν οι επιδράσεις της αναισθησίας και της χειρουργικής παρασκευής του ανοιχτού θώρακα στην καρδιακή λειτουργία και την αιμοδυναμική. Η ελάττωση της συστολής της ΑΚ που παρατηρείται πρώιμα μετά το OEM θα μπορούσε μερικώς να αποδοθεί στην παρουσία απόπληκτου μυοκαρδίου. Χρειάζονται περαιτέρω μελέτες για να εκτιμηθεί η εξέλιξη της συστολής της ΑΚ μετά την οξεία φάση του OEM.

Η εκτίμηση της συστολής που βασίζεται στην ανίχνευση των ακουστικών ψηφίδων εξαρτάται αποφασιστικά από την ποιότητα της απεικόνισης και από τη συχνότητα λήψης των εικόνων, γεγονός που αποτελεί ενδογενή περιορισμό. Οι χαμηλές συχνότητες έχουν ως αποτέλεσμα ασταθείς τύπους ακουστικών ψηφίδων, ενώ οι υψηλές συχνότητες ελαττώνουν την πυκνότητα των γραμμών σάρωσης και μειώνουν την ευκρίνεια της απεικόνισης. Παρόλα αυτά, προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι η σημασία αυτού του φαινομένου είναι μικρή και ότι είναι απίθανο να επηρεάζει σημαντικά τις μετρήσεις της συστολής.³³ Οι τεχνολογικές εξελίξεις στην τρισδιάστατη ανίχνευση των ακουστικών ψηφίδων με καλύτερη χωρική και χρονική διακριτική ικανότητα θα μπορούσε θεωρητικά να ξεπεράσει τους περιορισμούς της κίνησης διαμέσου του επιπέδου απεικόνισης που ενέχει η δισδιάστατη απεικόνιση.

Χρειάζονται μακροπρόθεσμες μελέτες σε πειραματόζωα για να διαπιστωθεί εάν αυτές οι πρώιμες μεταβολές οδηγούν σε χρόνια αναδιαμόρφωση της ΑΚ. Η επέκταση των συμπερασμάτων από αυτή τη μελέτη, που έγινε σε καρδιές χοίρων, σε ασθενείς με ισχαιμική καρδιοπάθεια πρέπει να γίνει με την επιβαλλόμενη περίσκεψη.

Κλινικές εφαρμογές

Η παρούσα μελέτη δίνει έμφαση στη σημασία της στρωφής της κορυφής της ΑΚ ως ευαίσθητου δείκτη συστολικής δυσλειτουργίας της ΑΚ. Η ελάττωσή της πρώιμα στο OEM πιθανώς να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην πρόοδο της αναδιαμόρφωσης της ΑΚ. Συνεπώς, η παράμετρος αυτή θα μπορούσε να χρησιμεύσει στην κλινική πράξη ως ένας πρώιμος δείκτης για τη διαστρωμάτωση κινδύνου. Η πρώιμη εκτίμηση της στρωφής της κορυφής της ΑΚ στο OEM, με την ηχοκαρδιογραφία ανίχνευσης των ακουστικών ψηφίδων, θα μπορούσε να αναγνωρίσει τους ασθενείς με μειωμένη στρωφή της κορυφής οι οποίοι θα μπορούσαν να ωφεληθούν από επιθετική

φαρμακευτική αγωγή, την επαναγγείωση και τη θεραπεία με βλαστικά κύτταρα, ώστε να αποφύγουν την αναδιαμόρφωση της ΑΚ και την ανάπτυξη καρδιακής ανεπάρκειας. Αν και οι παραπάνω κλινικές εφαρμογές μένει να καθοριστούν, η STE είναι μια ευρέως διαθέσιμη τεχνική που επιτρέπει την εύκολη εκτίμηση της συστολής της ΑΚ στην ανθρώπινη καρδιά.

Βιβλιογραφία

1. Buckberg G, Hoffman JI, Mahajan A, Saleh S, Coghlan C. Cardiac mechanics revisited: the relationship of cardiac architecture to ventricular function. *Circulation*. 2008; 118: 2571-2587.
2. Geyer H, Caracciolo G, Abe H, et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010; 23: 351-369.
3. Bansal M, Leano RL, Marwick TH. Clinical assessment of left ventricular systolic torsion: effects of myocardial infarction and ischemia. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008; 21: 887-894.
4. Garot J, Pascal O, Diabold B, et al. Alterations of systolic left ventricular twist after acute myocardial infarction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2002; 282: H357-362.
5. Nucifora G, Marsan NA, Bertini M, et al. Reduced left ventricular torsion early after myocardial infarction is related to left ventricular remodeling. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2010; 3: 433-442.
6. Sun JP, Niu J, Chou D, et al. Alterations of regional myocardial function in a swine model of myocardial infarction assessed by echocardiographic 2-dimensional strain imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007; 20: 498-504.
7. Bertini M, Nucifora G, Marsan NA, et al. Left ventricular rotational mechanics in acute myocardial infarction and in chronic (ischemic and nonischemic) heart failure patients. *Am J Cardiol*. 2009; 103: 1506-1512.
8. Han W, Xie MX, Wang XF, et al. Assessment of left ventricular torsion in patients with anterior wall myocardial infarction before and after revascularization using speckle tracking imaging. *Chin Med J (Engl)*. 2008; 121: 1543-1548.
9. Saridakis NS, Toumanidis ST, Vintzileou AM, et al. Effect of dobutamine on left ventricular functional geometry after acute myocardial infarction: experimental study. *Hellenic J Cardiol*. 2007; 48: 72-79.
10. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005; 18: 1440-1463.
11. Takeuchi M, Nishikage T, Nakai H, Kokumai M, Otani S, Lang RM. The assessment of left ventricular twist in anterior wall myocardial infarction using two-dimensional speckle tracking imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007; 20: 36-44.
12. Rüssel IK, Götte MJ, Bronzwaer JG, Knaapen P, Paulus WJ, van Rossum AC. Left ventricular torsion: an expanding role in the analysis of myocardial dysfunction. *JACC Cardiovasc*

- Imaging. 2009; 2: 648-655.
13. Gaudron P, Eilles C, Kugler I, Ertl G. Progressive left ventricular dysfunction and remodeling after myocardial infarction. Potential mechanisms and early predictors. *Circulation*. 1993; 87: 755-763.
 14. Bolognese L, Cerisano G. Early predictors of left ventricular remodeling after acute myocardial infarction. *Am Heart J*. 1999; 138: S79-83.
 15. Hansen DE, Daughters GT 2nd, Alderman EL, Stinson EB, Baldwin JC, Miller DC. Effect of acute human cardiac allograft rejection on left ventricular systolic torsion and diastolic recoil measured by intramyocardial markers. *Circulation*. 1987; 76: 998-1008.
 16. Ingels NB Jr, Hansen DE, Daughters GT 2nd, Stinson EB, Alderman EL, Miller DC. Relation between longitudinal, circumferential, and oblique shortening and torsional deformation in the left ventricle of the transplanted human heart. *Circ Res*. 1989; 64: 915-927.
 17. Moon M, Ingels D, Stinson E, Hansen D, Miller D. Alterations in left ventricular twist mechanics with inotropic stimulation and volume loading in human subjects. *Circulation*. 1994; 89: 142-150.
 18. Krocker CA, Tyberg JV, Beyar R. Effects of ischemia on left ventricular apex rotation. An experimental study in anesthetized dogs. *Circulation*. 1995; 92: 3539-3548.
 19. Buchalter MB, Rademakers FE, Weiss JL, Rogers WJ, Weisfeldt ML, Shapiro EP. Rotational deformation of the canine left ventricle measured by magnetic resonance tagging: effects of catecholamines, ischaemia, and pacing. *Cardiovasc Res*. 1994; 28: 629-635.
 20. Nagel E, Stuber M, Lakatos M, Scheidegger MB, Boesiger P, Hess OM. Cardiac rotation and relaxation after anterolateral myocardial infarction. *Coron Artery Dis*. 2000; 11: 261-267.
 21. Lima JAC, Ferrari VA, Reichek N, et al. Segmental motion and deformation of transmurally infarcted myocardium in acute postinfarct period. *Am J Physiol*. 1995; 268 (3 Pt 2): H1304-H1312.
 22. Dong SJ, Hees PS, Huang WM, Buffer SA Jr, Weiss JL, Shapiro EP. Independent effects of preload, afterload, and contractility on left ventricular torsion. *Am J Physiol*. 1999; 277 (3 Pt 2): H1053-H1060.
 23. Kim HK, Sohn DW, Lee SE, et al. Assessment of left ventricular rotation and torsion with two-dimensional speckle tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007; 20: 45-53.
 24. Mornos C, Rusinaru D, Manolis AJ, Zacharopoulou I, Pittaras A, Ionac A. The value of a new speckle tracking index including left ventricular global longitudinal strain and torsion in patients with dilated cardiomyopathy. *Hellenic J Cardiol*. 2011; 52: 299-306.
 25. Tibayan FA, Lai DT, Timek TA, et al. Alterations in left ventricular torsion in tachycardia-induced dilated cardiomyopathy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 124: 43-49.
 26. Yun KL, Niczyporuk MA, Daughters GT 2nd, et al. Alterations in left ventricular diastolic twist mechanics during acute human cardiac allograft rejection. *Circulation*. 1991; 83: 962-973.
 27. Nagel E, Stuber M, Burkhard B, et al. Cardiac rotation and relaxation in patients with aortic valve stenosis. *Eur Heart J*. 2000; 21: 582-589.
 28. Helle-Valle T, Crosby J, Edvardsen T, et al. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. *Circulation*. 2005; 112: 3149-3156.
 29. Notomi Y, Setser RM, Shiota T, et al. Assessment of left ventricular torsional deformation by Doppler tissue imaging: validation study with tagged magnetic resonance imaging. *Circulation*. 2005; 111: 1141-1147.
 30. Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2006; 47: 789-793.
 31. Kim WJ, Lee BH, Kim YJ, et al. Apical rotation assessed by speckle-tracking echocardiography as an index of global left ventricular contractility. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009; 2: 123-131.
 32. Knudtson ML, Galbraith PD, Hildebrand KL, Tyberg JV, Beyar R. Dynamics of left ventricular apex rotation during angioplasty: a sensitive index of ischemic dysfunction. *Circulation*. 1997; 96: 801-808.
 33. Yu CM, Sanderson JE, Marwick TH, Oh JK. Tissue Doppler imaging a new prognosticator for cardiovascular diseases. *J Am Coll Cardiol*. 2007; 49: 1903-1914.
 34. Notomi Y, Lysyansky P, Setser RM, et al. Measurement of ventricular torsion by two-dimensional ultrasound speckle tracking imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2005; 45: 2034-2041.