

Αξονική Τομογραφία Στεφανιαίων Αγγείων

ΕΛΕΝΗ ΧΡ ΒΟΥΡΒΟΥΡΗ, MD, PHD, FESC

Euromedica Γενική Κλινική Θεσσαλονίκης

Λέξεις Ευρετηρίου:

Αξονική Στεφανιογραφία (ΑΣ), Στεφανιαία Νόσος, Calcium Score, in stent επαναστένωση, αορτοστεφανιαία μοσχεύματα, δυσμενής αθηροσκληρωτικές πλάκες

Ελένη Χρ. Βουρβούρη, MD PhD

Διευθύντρια τμήματος Καρδιαγγειακής Απεικόνισης Γενική Κλινική Euromedica Θεσσαλονίκης
Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Erasmus Medical Center, Ολλανδίας

Διεύθυνση Επικοινωνίας:

Euromedica Γενική Κλινική,
Τμήμα Αξονικής Στεφανιογραφίας,
Μαρίας Κάλλας 11 & Γραβιάς 2
546 45 Θεσσαλονίκη
Τ. +30 6943072372
Φ. +30 2310 895142
Ε. e.vourvouri@yahoo.com

ΑΞΟΝΙΚΗ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η διαδερμική στεφανιαία αγγειογραφία είναι η αποδεκτή μέθοδος εκλογής απεικόνισης και αξιολόγησης της αθηροσκληρώσεως των στεφανιαίων αρτηριών και παρέχει, επίσης, τη δυνατότητα άμεσης θεραπευτικής αντιμετώπισης. Με την επιπρόσθετη χρήση νεότερων τεχνικών, βασισμένων σε καθετήρες, μπορεί να εκτιμηθεί η αιμοδυναμική βαρύτητα μίας απόφραξης (μέτρηση ταχύτητας ροής και κλίση πίεσης) ή να απεικονισθεί το τοίχωμα των αρτηριών (π.χ. με ενδοστεφανιαίους υπερήχους). Η στεφανιογραφία, όμως, παραμένει μια αιματηρή επέμβαση υψηλού κόστους με μικρό αλλά μη αμελητέο κίνδυνο επιπλοκών, ενώ οι νεότερες τεχνικές, βασισμένες σε καθετήρες, είναι πολυδάπανες, χρονοβόρες και γίνονται μόνο σε εξειδικευμένα αιμοδυναμικά εργαστήρια.

Αυτό οδήγησε στην αναζήτηση αναίμακτης τεχνικής απεικόνισης των στεφανιαίων αρτηριών. Από το electron beam computed tomography στην πολλαπλών τομών αξονική τομογραφία.¹

Η αξονική τομογραφία και μάλιστα η αξονική τομογραφία των στεφανιαίων αγγείων (ή απλά αξονική στεφανιογραφία) έχει κάνει μία ταχεία εντυπωσιακή πορεία εξέλιξης από το spiral computed tomography στις αρχές του 1990 στο 64 τομών το 2004 και 2005 και στον αξονικό τομογράφο 64 διπλής λυχνίας, των 256 και των 320 τομών, που επιτρέπει τη λήψη εικόνων σε έναν μόνο καρδιακό κύκλο. Η πολλαπλών τομών αξονική στεφανιογραφία παρέχει πληροφορίες για την απουσία ή παρουσία στεφανιαίας νόσου και για τα χαρακτηριστικά της αθηρωματικής πλάκας.

Αξονική Στεφανιογραφία - Βασικές Αρχές

Ο πολλαπλών τομών αξονικός τομογράφος αποτελείται από μια ακτινολογική λυχνία και μια σειρά από ανιχνευτές (detectors), που περιστρέφονται γύρω από τον ασθενή, που βρίσκεται στο κέντρο. Η ακτινολογική λυχνία (tube) παράγει μια δέσμη πρωτονίων ακτίνων X (fan shaped x-ray beam), που διαπερνά τον ασθενή και καταλήγει στους ανιχνευτές (detectors) από την άλλη μεριά (Εικόνα 1).

Οι πολλαπλών τομών αξονικοί τομογράφοι έχουν δυο βασικούς τρόπους σάρωσης (modes of scanning). Ο πρώτος τρόπος είναι η ελικοειδής, συνεχόμενη σάρωση, το spiral ή helical scanning, κατά τον οποίο το τραπέζι μετακινείται συνεχώς σε μια προκαθορισμένη ταχύτητα. Καταγράφεται η ηλεκτροκαρδιογραφική δραστηριότητα του ασθενούς κατά την διάρκεια της εξέτασης και εφαρμόζεται η αναδρομική

συγχρονισμένη με το ΗΚΓ λήψη (retrospective ECG gating), για να ληφθούν εικόνες κατά την διαστολική φάση του καρδιακού κύκλου, οπότε και η κίνηση της καρδιάς είναι μειωμένη. Αυτή η μορφή αναδρομικής συγχρονισμένης εξέτασης (retrospective gating technique) βασίζεται σε λήψη δεδομένων καθ' όλο το καρδιακό κύκλο. Μετά τη λήψη των δεδομένων, αναδρομικά, επιλέγεται η κατάλληλη χρονική περίοδος κατά τη φάση με την λιγότερη κίνηση, που είναι συνήθως η διαστολική καρδιακή φάση. Προκειμένου να μειωθεί η ακτινοβολία, μπορεί να διαμορφωθεί η ένταση του ρεύματος της λυχνίας με βάση το ΗΚΓ και έτσι να μειωθεί η δόση ακτινοβολίας κατά τη συστολική φάση (prospective tube current modulation).

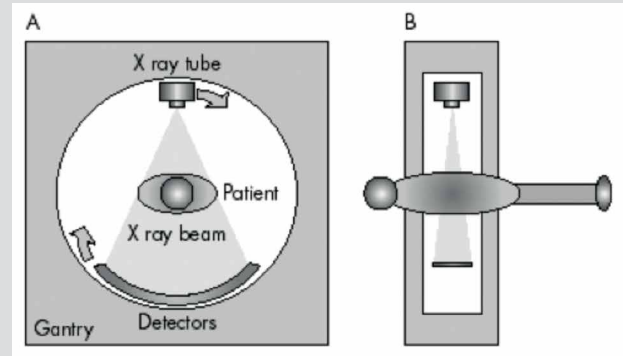
Ο δεύτερος τρόπος είναι η διαδοχική σάρωση (sequential scanning), το λεγόμενο step and shoot, στον οποίο το τραπέζι μετακινείται κατά βήματα. Γίνεται η λήψη εικόνων σε προεπιλεγμένο σημείο της καρδιακής φάσης (prospective ECG triggering), ενώ το τραπέζι είναι ακίνητο, και για κάθε επόμενη τομή το τραπέζι μετακινείται σε διαφορετική θέση. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της εξέτασης (scanning) και οδηγεί σε σημαντική μείωση της ακτινοβολίας και μπορεί να εφαρμοστεί εφόσον οι παλμοί του ασθενούς είναι χαμηλοί και σταθεροί.

Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται οι τεχνικοί παράμετροι, η προετοιμασία του ασθενούς/ χορήγηση σκιαγραφικού.

Επεξεργασία - Ανάλυση

Μετά το τέλος της εξέτασης και αφού επιλεγούν οι κατάλληλες φάσεις του καρδιακού κύκλου από τον απεικονιστή/ειδικό ιατρό γίνεται η επεξεργασία των εγγραφών τομών. Οι τρόποι ανάλυσης είναι το curved multiplanar reconstruction (cMPR) και το maximum intensity projections (MIP). Η τρισδιάστατη εικόνα, volume rendering technique (VRT) προσφέρει μια συνολική άποψη της καρδιάς και είναι χρήσιμη στην αναγνώριση πολύπλοκων ανατομιών, όπως μοσχευμάτων ή ανωμαλιών στεφανιαίων αρτηριών. Σημειώνεται ότι κυρίως οι εγκάρσιες (axial) εικόνες είναι οι σημαντικότερες για την διάγνωση και εκτίμηση στενώσεων των στεφανιαίων αρτηριών (Εικόνα 2).

Εικόνα 1. Μετωπιαία (Α) και πλάγια (Β) όψη ενός πολλαπλού αξονικού τομογράφου.



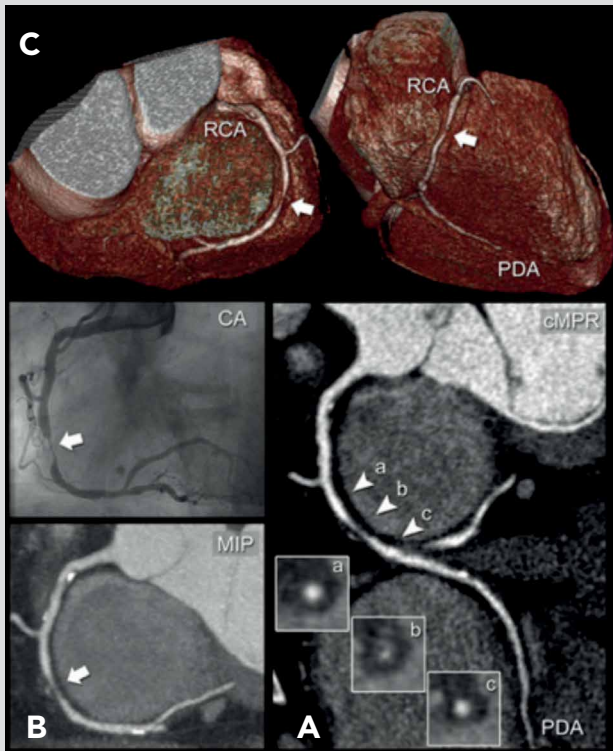
Πίνακας 1: Περίληψη τεχνικών παραμέτρων, προετοιμασία ασθενούς και χορήγηση σκιαγραφικού

	ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΗ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ	ΑΞΟΝΙΚΗ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ
Χωρική διακριτική ικανότητα	0.2x0.2 mm ²	0.4x0.4 mm ³
Χρονική διακριτική ικανότητα	8ms	165-83ms
Προετοιμασία	Καμία	Σε καρδιακή συχνότητα ≥ 65παλμούς/ min, μετοπρολόλη 100mg 1 ώρα πριν, ή/και 5-15mg i.v.
B-αποκλειστές	Όχι	Σε στένωση αορτής, σοβαρή υπόταση, αποκλεισμός Mobitz, χορήγηση ανταγωνιστών ασβεστίου
Νιτρογλυκερίνη	ενδοστεφανιαίως	Κατ'επιλογήν-υπογλωσσίως
Σκιαστικό	80-100ml ενδοστεφανιαίως	60-100ml ενδοφλεβίως

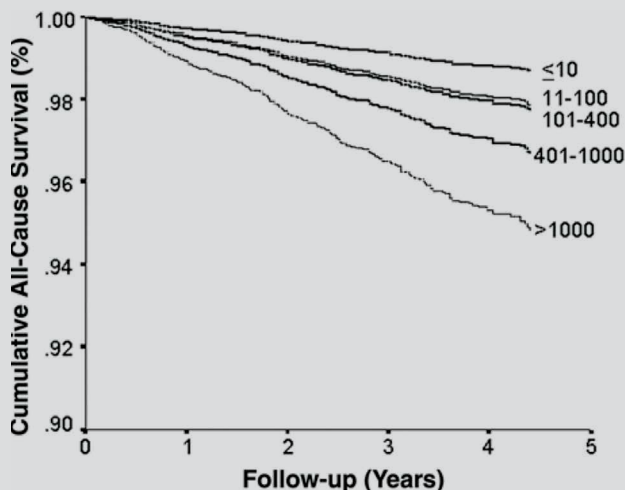
ΠΡΩΪΜΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΑΘΗΡΩΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΩΝ ΑΡΤΗΡΙΩΝ - CALCIUM SCORE

Η παρουσία επασβεστώσεων επί των στεφανιαίων αγγείων έχει περιγραφεί από παλιά ως δείκτης αθη-

Εικόνα 2. Τρόποι ανάλυσης με την αξονική στεφανιογραφία: Α. cMPR (curved multiplanar reconstruction) πάνω στην οποία βασίζεται η διάγνωση, Β. MIP (maximum intensity projection) με την οποία απεικονίζονται και οι πιο λεπτοί κλάδοι και C. VRD (volume rendering) που είναι η τρισδιάστατη εικόνα. Παράδειγμα σοβαρού βαθμού στένωσης στην περισπωμένη αρτηρία που επιβεβαιώθηκε και με διαδερμική στεφανιογραφία.



Εικόνα 3. Η καμπύλη δείχνει το ποσοστό επιβίωσης σύμφωνα με το Calcium Score. Ακόμα και μετά από προσαρμογή για ηλικία και φύλο, η επιβίωση είναι χειρότερη με την αύξηση του Calcium Score.



Πίνακας 2: Προγνωστική αξία Calcium Score

Calcium Score	Θνητότητα (κάθε αιτιολογίας) %	Relative risk ratio
≤ 10	1.0	--
11-100	2.6	2.5
101-400	3.8	3.6
401-1000	6.3	6.2
>1000	12.3	12.3

Shaw et al, Radiology 2003 [3]

ρωμάτωσης των στεφανιαίων αγγείων.² Η ανεύρεση παρουσίας υποκλινικής στεφανιαίας αθηρωμάτωσης προσφέρει την δυνατότητα διάγνωσης ασυμπτωματικών ασθενών, που βρίσκονται σε κίνδυνο για την ανάπτυξη στεφανιαίας νόσου.

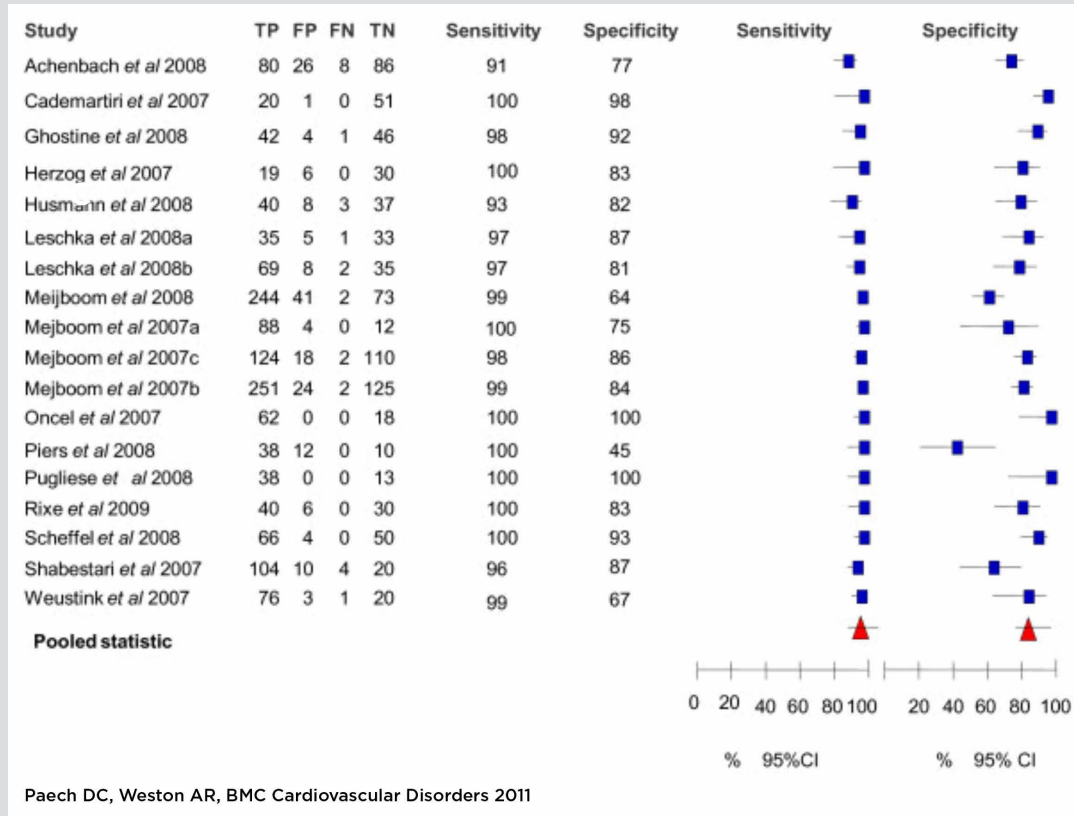
Η παρουσία και η έκταση των εσθβεστώσεων εκφράζεται με το Agatston Coronary Calcium Score, ο οποίος έχει αποδειχθεί ότι είναι ανεξάρτητος παράγοντας κινδύνου για την ύπαρξη αποφρακτικής αθηρωματικής πλάκας και συμβάλλει στη πρόγνωση³ (Εικόνα 3), ενώ είναι ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου από τα κριτήρια κατά Framingham για την ύπαρξη στεφανιαίας (Πίνακας 2).⁴ Το μηδενικό Calcium Score δίνει άριστη πρόγνωση με θνητότητα στα 15 χρόνια μόλις 3%,⁵ ενώ το Calcium Score πάνω από 400 θέτει υποψία για μια ή περισσότερες σημαντικές στενώσεις.⁶ Γνωρίζουμε πια ότι οι γυναίκες με αυξημένο Calcium Score >100 έχουν μεγαλύτερο καρδιαγγειακό κίνδυνο και χειρότερη πρόγνωση απ' ότι οι άνδρες.⁷

ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1. Διάγνωση Στένωσης Στεφανιαίων Αρτηριών

Μετά το 1999, όταν οι πρώτες μελέτες αξονικής στεφανιογραφίας είχαν δημοσιευτεί, υπήρξε μια εντυπωσιακή εξέλιξη της τεχνολογίας της αξονικής στεφανιογραφίας. Ακολούθησαν πολλές μελέτες σύγκρισης της αξονικής στεφανιογραφίας με την κλασική διαδερμική στεφανιογραφία. (Πίνακας 3).⁸⁻¹⁰ Να σημειωθεί ότι στα καινούρια μηχανήματα και με τα νέα λογισμικά ανάλυσης και αλγορίθμους όπως το high pitch και το iterative reconstruction,

Πίνακας 3. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΩΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΥΠΟΠΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑΣ ΝΟΣΟΥ (Review)



έχει επιτευχθεί η μείωση των παλαιών προβλημάτων με motion artifacts και επασβετώσεις καθώς και το noise («θόρυβος») που σχετίζεται με το scan με συνοδό επίτευξη μείωση δόσης ακτινοβολίας. Σύμφωνα με μια συστηματική ανασκόπηση¹¹ για την αξιόπιστη διάγνωση στεφανιαίας νόσου με 64 ή παραπάνω τομών αξονικού η ευαισθησία είναι 98,2%, ειδικότητα 81,6%, θετική προγνωστική αξία 90,5% και αρνητική προγνωστική αξία 99% (Πίνακας 3). Λόγω της υψηλής ευαισθησίας και ειδικότητας της αξονικής στεφανιογραφίας έχει ένδειξη ως πρώτη επιλογή αναίμακτης απεικόνισης σε κλινικές καταστάσεις, στις οποίες ο αποκλεισμός στεφανιαίας νόσου είναι πρωταρχικός σκοπός, όπως σε ομάδες ασθενών με χαμηλή ή ενδιάμεση πιθανότητα για στεφανιαία νόσο¹² καθώς και στα επείγοντα.¹³ Η προσθήκη της αξονικής στεφανιογραφίας στην καθιερωμένη κλινική πράξη των ασθενών με ύποπτη στεφανιαία νόσο βελτιώνει και αποσαφηνίζει την τελική διάγνωση και οδηγεί σε πιο στοχευμένες πε-

ραιτέρω εξετάσεις, αποφεύγοντας τις άσκοπες και μειώνοντας, ίσως, τελικά τα καρδιακά συμβάματα, βελτιώνοντας την πρόγνωση.¹⁴

2. Λειτουργικότητα Αριστεράς Κοιλίας

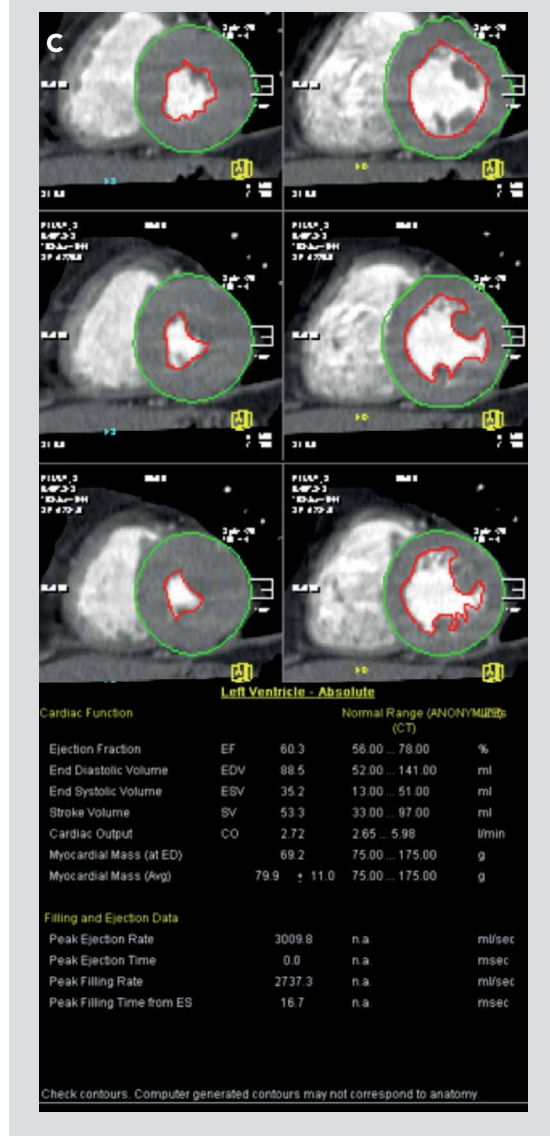
Είναι δυνατή η εκτίμηση της λειτουργικότητας της αριστεράς κοιλίας από τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Η επεξεργασία των δεδομένων σε διαφορετικές φάσεις του καρδιακού κύκλου επιτρέπουν την μέτρηση τελοδιαστολικών και τελοσυστολικών όγκων της αριστερής κοιλίας, του κλάσματος εξωθήσεως και του όγκου παλμού (Εικόνα 4). Έχει βρεθεί καλή συσχέτιση του κλάσματος εξωθήσεως που υπολογίζεται από την αξονική στεφανιογραφία με αυτό που υπολογίζεται με την μαγνητική τομογραφία η οποία θεωρείται το gold standard.

3. Χρόνιες Ολικές Αποφράξεις

Η επαναιμάτωση των χρονίων ολικών αποφράξεων είναι σημαντική για την βελτίωση των συμπτωμάτων, την αύξηση της ανοχής στην άσκηση, τη βελτίωση της λειτουργικότητας της αριστεράς κοιλίας καθώς και την βελτίωση της επιβίωσης.¹⁵

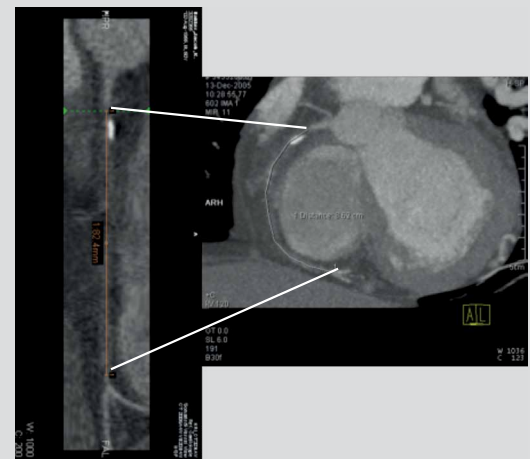
Η αξονική στεφανιογραφία δίνει τρισδιάστατη εικόνα και επιτρέπει αξιόπιστες μετρήσεις του μήκους του αποφραγμένου στεφανιαίου τμήματος και την απόστασή του από το στόμιο του αγγείου.

Εικόνα 4. Παράδειγμα μέτρησης τελοδιαστολικών και τελοσυστολικών όγκων της αριστερής κοιλίας, κλάσμα εξωθήσεως και όγκου παλμού.

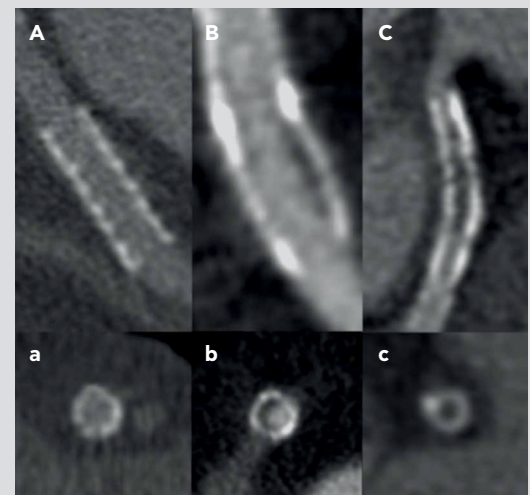


Παράλληλα, δίνει πληροφορίες για την σύσταση της αθηρωματικής πλάκας. Όπως έχει αποδειχθεί, ο λόγος της αποτυχίας δεν οφείλεται στο χρόνο προϋπαρξής της ολικής χρόνιας απόφραξης, ούτε στην παρουσία ή απουσία παραπλεύρων, αλλά στην ύπαρξη σημαντικής ελασβέσωσης,¹⁶ πράγμα που μπορεί να απεικονίσει η αξονική στεφανιογραφία. Η

Εικόνα 5. Χρόνια ολική απόφραξη με χαρακτηριστικά που δίνουν μικρή πιθανότητα επιτυχία διάνοιξης της: έντονα ελασβεστωμένη αθηρωματική πλάκα στην αρχή της απόφραξης, και μεγάλοι μήκους αθηρωματική πλάκα (8,62 cm) μαλακής /θρομβωτικής σύστασης.



Εικόνα 6. **A.** Εικόνα βαθιάς ενδοστεφανιαίας πρόθεσης (stent), **B.** Παρουσία ήπιας νεοαγγειακής υπερπλασίας, **C.** Εικόνα αποφραγμένης ενδοστεφανιαίας πρόθεσης. a,b,c οι αντίστοιχες εγκάρσιες τομές.



αξονική στεφανιογραφία, επομένως, θεωρείται ενδεδειγμένη και πλέον απαραίτητη εξέταση πριν μια αγγειοπλαστική μιας χρόνιας ολικής απόφραξης, αφού μπορεί να προκαθορίσει την αποτυχία ή επιτυχία μιας επέμβασης και να βοηθήσει τον επεμβατικό καρδιολόγο στον προγραμματισμό του τρόπου αντιμετώπισής του ασθενούς (Εικόνα 5).¹⁷

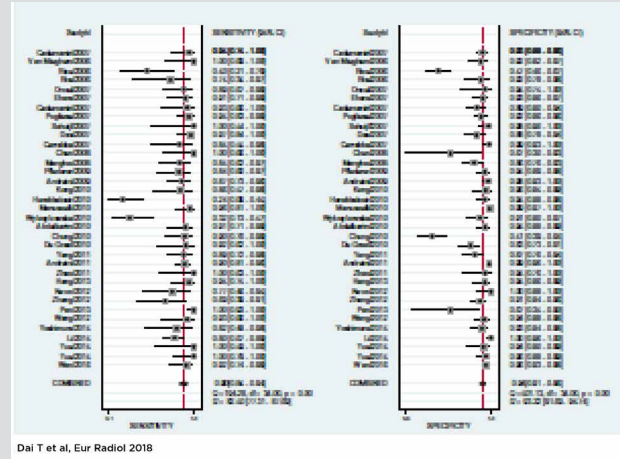
4. Ενδοστεφανιαίες προθέσεις

Η εκτίμηση των ενδοστεφανιαίων προθέσεων (stents) αποτελούν μια πρόκληση λόγω της εμφάνισης τεχνημάτων υψηλής πυκνότητας (blooming artifact effect), που οφείλονται στα struts των stents. Στον Πίνακα 4 αναφέρεται μια πρόσφατη meta-analysis από σύνολο 35 μελετών με αξονικούς ≥ 64 τομών για την διαγνωστική αξιοπιστία ανεύρεσης in-stent restenosis (ISR).¹⁸ Συμπέρασμα ήταν ότι η αξονική στεφανιογραφία επιτρέπει την αξιολόγηση των ενδοστεφανιαίων προθέσεων και τη διάγνωση της παρουσίας ή όχι των in-stent restenosis με μέση ευαισθησία και ειδικότητα 90% και 94%, αντίστοιχα, και μέση αρνητική προγνωστική αξία $>98\%$ (Εικόνα 6). Αν και με τον 64 τομών αξονικό τομογράφο η ανάλυση βατότητας και η εκτίμηση επαναστένωσης είναι δυσκολότερη στις μικρότερες ενδοστεφανιαίες προθέσεις ($<2.75\text{mm}$),¹⁹ με τους νεότερους αξονικούς τομογράφους (>64 τομών) η διάμετρος του stent δεν φαίνεται να είναι πια πρόβλημα. Ένα μεγαλύτερο βέβαια stent δίνει λιγότερα blooming artifacts και επομένως καλύτερη ευκρίνεια,²⁰ ενώ τα μικρής διαμέτρου ($<3\text{mm}$) τείνουν να έχουν πιο συχνά ISR απ' ό,τι τα $\geq 3\text{mm}$ stents.¹⁸ Έτσι, η αξονική στεφανιογραφία θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει μια αξιόπιστη μέθοδο αναιμακτικής αγγειογραφικής παρακολούθησης των ISR. Τα χαρακτηριστικά που δεν ευνοούν την αξονική αποτελούν τα thick-strut stent και τα stent σε διχασμούς (bifurcation stenting).¹⁸

5. Παρακολούθηση (Follow-up) αρτηριακών και φλεβικών μοσχευμάτων μετά απο αορτοστεφανιαία παράκαμψη

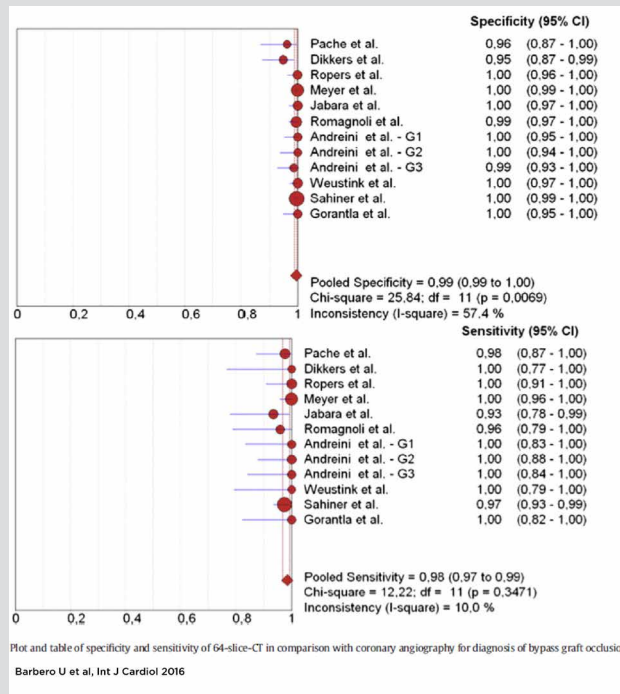
Ασθενείς με προηγούμενη αορτοστεφανιαία παρά-

Πίνακας 4. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΙΑ IN-STENT RESTENOSIS (meta-analysis)



Dai T et al, Eur Radiol 2018

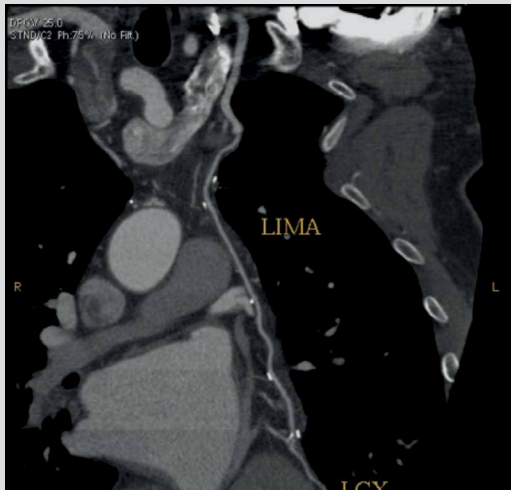
Πίνακας 5. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΑΟΡΤΟΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ (meta-analysis)



Barbero U et al, Int J Cardiol 2016

καμψη (Bypass) είναι συνήθως υψηλού κινδύνου άρρωστοι, καθώς έχουν επιβαρυντικούς παράγοντες, ενώ συνυπάρχουν, συχνά, βαλβιδοπάθειες και δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας. Η απει-

Εικόνα 7. Α. Βατή αριστερή έσω μαστική αρτηρία που αναστομούται στην περισπωμένη αρτηρία. Απεικονίζεται άριστα το μόσχευμα, το σημείο αναστόμωσης και το αγγείο περιφερικά της αναστόμωσης. LIMA= αριστερή έσω μαστική αρτηρία, LCX=περισπωμένη αρτηρία.

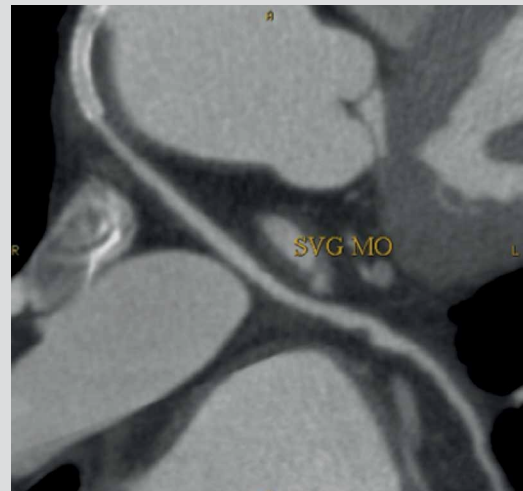


κόνιση των αρτηριακών και φλεβικών μοσχευμάτων με την αξονική στεφανιογραφία είναι καλή, καθώς είναι μεγάλα σε διάμετρο, δεν έχουν συνήθως επασβεστώσεις και είναι σχεδόν ακίνητα. Απεικονίζεται, επίσης, το σημείο αναστόμωσης καθώς και το αυτόχθον αγγείο μετά την αναστόμωση (Εικόνα 7). Οι ενδοστεφανιαίες προθέσεις επί των μοσχευμάτων απεικονίζονται άριστα λόγω της αυξημένης διαμέτρου τους (Εικόνα 8).

Σύμφωνα με την τελευταία meta-analysis²¹ η μέση ευαισθησία διάγνωσης της βατότητας των μοσχευμάτων είναι 98%, ειδικότητα 98%, θετική προγνωστική αξία 94,9% και αρνητική προγνωστική αξία 99,3%. (Πίνακας 5)

Παρόλο που υπάρχουν μερικοί περιορισμοί, όπως η εκτίμηση των αυτόχθονων αγγείων λόγω έντονων επασβεστώσεων και τα χειρουργικά μεταλλικά clips, η αξονική στεφανιογραφία μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση βατότητας των μοσχευμάτων και να αποτελέσει την πρώτη επιλογή στην εκτίμηση συμπτωματικών ασθενών με bypass χάρη στην μεγάλη αρνητική προγνωστική αξία και του χαμηλού ποσοστού επιπλοκών συγκριτικά με την κλασική στεφανιογραφία. Όταν χρειαστεί να ακολουθηθεί η κλασική στεφανιογραφία, οι πληροφορίες που θα έχει ο επεμβατικός καρδιολόγος

Εικόνα 8. Παρουσία ενδοστεφανιαίας πρόθεσης στο στόμιο ενός φλεβικού μοσχεύματος. Το μόσχευμα αναστομούται με τον επιχείλιο κλάδο της περισπωμένης. Παρατηρείται νεοαγγειακή υπερπλασία στην αρχή του stent. Στο ίδιο μόσχευμα παρατηρείται μια εστιακή μαλακή αθηρωματική πλάκα περιφερικότερα που ωστόσο δεν προκαλεί σοβαρού βαθμού στένωση.



SVG MO= φλεβικό μόσχευμα επιχείλιου κλάδου.

όσον αφορά την τοποθεσία των μοσχευμάτων και των αναστομών θα τον κατευθύνουν να διαλέξει τον κατάλληλο καθετήρα, να μειώσει τον χρόνο ακτινοβολήσης, τη δόση του σκιαστικού, και τελικά τη δόση ακτινοβολίας. Ο Presenti Rossi άλλωστε έδειξε το όφελος να προηγείται συστηματικά η αξονική στεφανιογραφία της κλασικής.²²

Τέλος, να σημειωθεί ότι η αξονική στεφανιογραφία μπορεί να συμπληρώσει ή να προηγηθεί της διαδερμικής κλασικής στεφανιογραφίας σε περίπτωση δυσκολίας εύρεσης μοσχεύματος ή σε περίπτωση ανεπαρκούς πληροφόρησης της προηγηθείσας χειρουργικής επέμβασης.²³

6. Ανωμαλίες Στεφανιαίων Αγγείων

ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

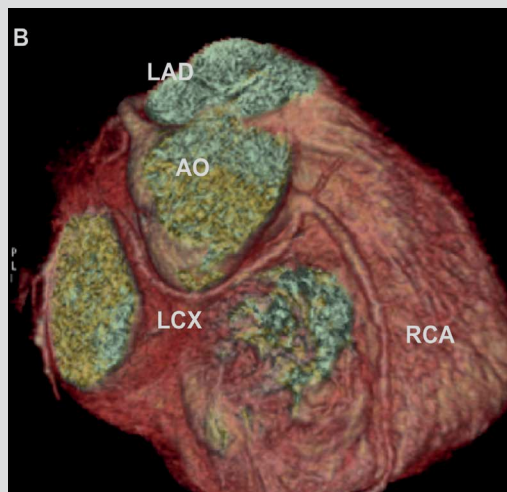
Μπορεί καμιά φορά να είναι δύσκολη η ανεύρεση της έκφυσης και πορείας μιας ανώμαλης στεφανιαίας αρτηρίας με την κλασική διαδερμική στεφανιογραφία. Η αξονική στεφανιογραφία αποτελεί πρώτη επιλογή για την διάγνωση ανώμαλων στεφανιαίων

αρτηριών,¹³ αφού επιτρέπει την απεικόνιση έκφυσης και πορείας τους με αξιοπιστία (Εικόνα 9). Η αξονική στεφανιογραφία επιτρέπει την μορφολογική ανάλυση με υψηλή ευκρίνεια, ενώ δεν εμποδίζεται από βηματοδότες ή εμφυτεύσιμους απινιδωτές, που συναντούμε συχνά σε αρρώστους με συγγενείς καρδιοπάθειες.

Οι μέχρι σήμερα κλινικές ενδείξεις στην γνωστή ή ύποπτη στεφανιαία νόσο, στις οποίες θεωρείται «αποδεκτή» η Αξονική στεφανιογραφία (ΑΣ) με βάση το consensus των ειδικών και την τρέχουσα βιβλιογραφία είναι οι εξής:²⁴

1. Συμπτωματικοί ασθενείς με ενδιάμεση pre-test πιθανότητα για ύπαρξη στεφανιαίας νόσου.
2. Συμπτωματικοί ασθενείς με αμφίβολα stress test (μη διαγνωστικά ή μη αξιολογήσιμα αποτελέσματα, ασύμφωνα με την κλινική υποψία).
3. Συμπτωματικοί ασθενείς με χαμηλή pre-test πιθανότητα για ύπαρξη στεφανιαίας νόσου, στους οποίους απαιτείται διαδερμική στεφανιογραφία, όπως προεγχειρητικά και προς αποκλεισμό στεφανιαίας νόσου ως αιτία διατακτικής μυοκαρδιοπάθειας.
4. Η ΑΣ έχει ένδειξη στην διάγνωση ανωμαλιών των στεφανιαίων αρτηριών, όπου θεωρείται πρώτη επιλογή.
5. Υπάρχει αβεβαιότητα για την διενέργεια ΑΣ στους συμπτωματικούς ασθενείς με bypass προς έλεγχο των μοσχευμάτων, διότι, ενώ τα μοσχεύματα ελέγχονται με αξιοπιστία, υπάρχει πολύ συχνά περιορισμός αξιολόγησης των αυτόχθονων αγγείων λόγω παρουσίας σοβαρών επασβεστώσεων. Βέβαια όπως προαναφέρθηκε παραπάνω η ΑΣ μπορεί να αποτελέσει πρώτη επιλογή στους συμπτωματικούς με bypass χάρη στη μεγάλη αρνητική προγνωστική αξία και τη χαμηλή επικινδυνότητα.
6. Αβεβαιότητα υπάρχει επίσης για την διενέργεια ΑΣ στους συμπτωματικούς αρρώστους με ενδοστεφανιαίες προθέσεις. Ενώ τα μεγάλα stents (μεγαλύτερα από 3.5 mm) μπορούν να αξιολογηθούν με ακρίβεια, στα μικρότερης διαμέτρου και λόγω της συνύπαρξης πολλές φορές τεχνιμάτων (artifacts) από τα stents, η αξιολόγηση βατότητας των stents κάτω των 3.0mm μπορεί να είναι δύσκολη και μη αξιόπιστη. Βέβαια, με τα νεώτερης γενιάς μηχανήματα τα προβλήματα είναι λιγότερα.

Εικόνα 9. Έκτοπη έκφυση της περισπώμενης αρτηρίας από τον δεξιό αορτικό βολβό.



7. Υπάρχει πλέον η σύσταση για διενέργεια ΑΣ στους ασυμπτωματικούς αρρώστους με υψηλό κίνδυνο κατά Framingham για Στεφανιαία Νόσο, δηλ. ασθενείς που έχουν 2 ή περισσότερους προδιαθεσικούς παράγοντες για στεφανιαία νόσο, όπως σακχαρώδη διαβήτη, αρτηριακή υπέρταση, κάπνισμα, δυσλιπιδαιμία, περιφερική αρτηριοπάθεια και επιβαρυσμένη κληρονομικότητα.

Προγνωστική αξία αξονικής στεφανιογραφίας

Ο JK Min²⁵ όπως και η Confirm Registry²⁶ στη συ-

νέχεια έδειξαν ότι με την αύξηση του αριθμού των αθηρωματικών πλακών και την αύξηση του βαθμού στένωσης αυξάνεται η θνησιμότητα και μειώνεται η επιβίωση με τη χειρότερη πρόγνωση για τις πλάκες στελέχους και LAD.²⁷ Όπως έδειξε ο Motoyama,²⁸ το μεγάλο πλεονέκτημα της αξονικής στεφανιογραφίας είναι η αναγνώριση και ο χαρακτηρισμός της αθηρωματικής πλάκας και μάλιστα της υψηλού κινδύνου πλάκας. Η SCOT-Heart²⁹ μάλιστα πρόσφατα έδειξε ότι η μη αποφρακτική στεφανιαία νόσο με χαρακτηριστικά υψηλού κινδύνου πλάκας έχει παρόμοια πρόγνωση με την αποφρακτική στεφανιαία νόσο χωρίς χαρακτηριστικά υψηλού κινδύνου πλάκας. Ο χαρακτηρισμός της αθηρωματικής πλάκας την καθιστά μοναδική απεικονιστική εξέταση, που μπορεί να προλάβει οξεία συμβάματα με την έγκαιρη και επιθετική θεραπευτική αγωγή των παθόντων.²⁹

Ακτινοβολία

Η έκθεση στην ακτινοβολία της ΑΣ φέρνει τον δυνητικό κίνδυνο καρκινογένεσης κατά δόσοεξαρτώμενο τρόπο.³⁰ Για αυτό, υπάρχουν συστάσεις μείωσης της ακτινοβολίας και υιοθέτηση της αρχής «ALARA» (As Low As Reasonable Achievable). Η πρόσφατη μελέτη Protection VI,³¹ που σύγκρινε την δόση ακτινοβολίας σε 60 νοσοκομεία μετά από δέκα χρόνια εφαρμογής αυτής της τακτικής, παρατήρησε μείωση της δόσης κατά 78%. Οι βασικοί τρόποι ήταν 1. εφαρμογή tube potential, 2. prospective έναντι retrospective imaging και 3. η εφαρμογή νέων λογισμικών ανάλυσης και αλγόριθμοι, όπως το high pitch και το iterative reconstruction.

Η ύπαρξη, ωστόσο, ποικιλομορφίας στην μέση δόση ακτινοβολίας καθιστά απαραίτητη την ανάγκη εκμάθησης και υιοθέτηση σύγχρονων πρωτοκόλλων εξέτασης.³²

Περιορισμοί

Αρρυθμίες

Οι αρρυθμίες, και μάλιστα η κολπική μαρμαρυγή, με τα καινούρια μηχανήματα, τα dual source 64 τομών και τα >64 τομών (έως 320 τομών), δεν αποτε-

λούν πια αντένδειξη για την διενέργεια ΑΣ, αν και η PROTECTION μελέτη³¹ έδειξε ότι η παρουσία ταχυκαρδίας και η απουσία φλεβοκομβικού ρυθμού αυξάνουν την δόση ακτινοβολίας κατά 8 και 21% αντίστοιχα.

Επασβετώσεις

Οι έντονα επασβετωμένες αθηρωματικές πλάκες δημιουργούν τεχνήματα (artifacts) και οδηγούν τελικά στην υπερεκτίμηση της εκάστοτε στένωσης. Σύμφωνα, ωστόσο, με νεότερα δεδομένα δεν αποτελεί αντένδειξη η ολοκληρωμένη εξέταση Αξονικής Στεφανιογραφίας ακόμα και σε υψηλό Calcium Score,³³ ενώ η απεικόνιση είναι καλύτερη με τα καινούρια λογισμικά.

Συμπέρασμα

Η αξονική στεφανιογραφία (ΑΣ) αποτελεί ένα νέο διαγνωστικό μέσο για την αναίμακτη απεικόνιση των στεφανιαίων αγγείων. Πέραν αυτού, επιτρέπει την εκτίμηση της πρόγνωσης και της καρδιακής λειτουργίας. Η μείωση της ακτινοβολίας, που έχει επιτευχθεί τελευταία, σε συνδυασμό με την μεγάλη αρνητική προγνωστική αξία της εξέτασης φαίνεται να καθιστούν την ΑΣ ως τη πρώτη επιλογή αναίμακτης διάγνωσης της στεφανιαίας νόσου.

Στο μέλλον το FFRCT και Perfusion CT θα δίνει λειτουργικές πληροφορίες για κάθε πλάκα, που θέλουμε να εκτιμήσουμε, αυξάνοντας ακόμα περισσότερο την διαγνωστική ακρίβεια της αξονικής που θα είναι πια “one stop-shop”.

Βιβλιογραφία

1. De Feyter PJ, Meijboom WB, Weustink A, Van Mieghem C, Mollet NR, Vourvouri E, Nieman K, Cademartiri F. Spiral multislice computed tomography coronary angiography: a current status report. Clin Cardiol 2007;30:437-442
2. Blankenhorn DH, Stern D. Calcification of the coronary arteries. Am. J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 1959;81:772-777).
3. Shaw LJ, Raggi P, Schisterman E, et al. Prognostic value of cardiac risk factors and coronary artery

- calcium screening for all-cause mortality. *Radiology* 2003;228:826-833.
4. Oudkerk KM, Stillman AE, Halliburton SS, et al. Coronary artery calcification screening: current status and recommendation from the European Society of Radiology and North America Society for Cardiovascular Imaging. *Eur Radiol* 2008;18:2785-2807.
 5. Valenti V, o Hartaigh B, Heo R et al, A 15-year warranty period for asymptomatic individuals without coronary artery calcium: a prospective follow-up of 9715 individuals. *JACC Cardiovasc Imaging* 2015;8:900-909.
 6. Ho JS, Fitzgerald SJ, Stolfus LL, et al. Relation of a coronary artery calcium score higher than 400 to coronary stenosis detected using multidetector computed tomography and to traditional cardiovascular risk factors. *Am J Cardiol* 2008;101:1444-1447.
 7. Shaw LJ, Min JK, Nasir K, et al. Sex differences in calcified plaque and long-term cardiovascular mortality: observation from the CAC Consortium. *Eur Heart J* 2018 ;39:3727-3735.
 8. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. Diagnostic accuracy of non-invasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:552-557.
 9. Meijboom WB, Weustink AC, Pugliese F van Mieghem C, Mollet NR, van Pelt N, Cademartiri F, Nieman K, Vourvouri E, Regar E, Krestin GP, de Feyter PJ. Comparison of diagnostic performance of 64-slice computed tomography coronary angiography in women versus men with angina pectoris. *Am J Cardiol* 2007;100:1532-1537.
 10. Hausleiter J, Meyer T, Hadamitzky M, et al. Non-invasive coronary computed tomographic angiography for patients with suspected coronary artery disease: the Coronary Angiography by Computed Tomography with the use of a Submillimeter resolution (CACSUS) trial. *Eur Heart J* 2007;28:3034-3041.
 11. Paech DC, Weston AR. A systematic review of the clinical effectiveness of 64-slice or higher computed tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of suspected coronary artery disease. *BMC Cardiovascular Disorders* 2011,11:32
 12. Wolk MJ, Bailey SR, Doherty JU, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR. Appropriateness criteria for Cardiac Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *J Am Cardiol* 2006;48:1475-1497.
 13. Rybicki FJ, Peacock WP, Kazerooni E, et al. 2015 ACR/ACC/AHA/AATS/ACEP/ASNC/NADCI/SAEM/SCCT/SCMR/SCPC/SNMMI/STR/STS. Appropriate Utilization of Cardiovascular Imaging in Emergency Department Patients with Chest Pain. *J Am Coll Radiol* 2016;13: e1 –e29.
 14. The SCOT-HEART Investigators. Newby et al. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet* 2015;385:2383-91.
 15. Puma JA, Sketch Jr MH, Tchong JE, et al. Percutaneous revascularisation of chronic coronary occlusions: an overview. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:1-11
 16. Soon KH, Cox N, Wong A, et al. CT coronary angiography predicts the outcome of percutaneous coronary intervention of chronic total occlusion, *J Interv Cardiol* 2007;20:359-66
 17. Yokoyama N, Yamamoto Y, Suzuki S, et al. Impact of 16-slice computed tomography in percutaneous coronary intervention of chronic total occlusions. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006;68:1-7.
 18. Dai T, Wang J-R, hu P-f. Diagnostic performance of computed tomography angiography in the detection of coronary artery in-stent restenosis: evidence from an updated meta-analysis. *Eur Radiol* 2018;28:1373-1382.
 19. Pugliese F, Weustink AC, Van Mieghem C, et al. Dual source coronary computed tomography angiography for detecting in-stent restenosis. *Heart* 2008;94:848-854.
 20. Abdelkarim MJ, Ahmadi N, Gopal A, et al. Noninvasive quantitative evaluation of coronary artery stent patency using 64-row multidetector computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2010;4:38-40.
 21. Barbero U, Iannaccone M, d'Ascenzo F, et al. 64-slice –coronary computed tomography sensitivity and specificity in the evaluation of coronary artery bypass graft stenosis:A meta-analysis. *Int J Cardiol* 2016:52-57.
 22. Pesenti-Rossi D, Baron N, Georges JI, et al. Assessment of Coronary bypass graft patency by firstline multidetector computed tomography, *Ann. Cardiol. Angeiol* 63 (5) (2014):284-292.
 23. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, et al, Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements. *Eur Heart J* 2008;29:531-556
 24. ACCF/AHA/ASE/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2013 Multimodality Appropriate Use Criteria for the Detection and Risk Assessment of Stable Ischemic Heart Disease. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:382-403.
 25. Min JK, Shaw LJ, Devereux RB. Prognostic value of multidetector coronary computed tomographic angiography for prediction of all-cause mortality. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:1161-70.
 26. Cheruvu C, Precious B, Naoum C, et al. Long term prognostic utility of coronary CT angiography in pa-

- tients with no modifiable coronary artery disease risk factors: Results from the 5 year follow-up of the CONFIRM International Multicenter Registry. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2016;10: 22-7.
27. Pugliese F, Meijboom WB, Ligthart J, La Grutta L, Vourvouri EC, et al, Parameters for coronary plaque vulnerability assessed with multidetector computed tomography and intracoronary ultrasound correlation. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2009;10:821-6.
 28. Motoyama S, Kondo T, Sarai M, et al. Multislice Computed Tomographic Characteristics of Coronary Lesions in Acute Coronary Syndromes. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:319-26.
 29. Williams MC, Moss AJ, Dweck M, et al. Coronary Artery Plaque Characteristics Associated with Adverse Outcomes in the SCOT-HEART Study. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:291-301.
 30. Einstein AJ, Moser KW, Hermann F, et al. Radiation dose to patients from cardiac diagnostic imaging. *Circulation* 2007;116:1290-1305.
 31. Stocker TJ, Deseive S, Leipsic J, et al. Reduction in radiation exposure in cardiovascular computed tomography imaging: results from the PROspective multicentre registry on radiation dose Estimates of cardiac CTangiOgraphy iN daily practice in 2017 (PROTECTION VI)
 32. Shaw LJ, Min JK. Ensuring safety and protecting patients from unnecessary harm. *Eur Heart J* 2018;39:3724-3726.
 33. Youssef G, Kalia N, Darablan S, et al. Coronary Calcium: Insights, Recent Data, and Clinical Role. *Curr Cardiol. Rep.* 2013;15: 325.doi:10.1007/s11886-012-0323-3.

Coronary CT Angiography

Eleni C Vourvouri, Cardiologist, PhD, FESC

Head of Department of Cardiac Imaging, General Clinic, Euromedica

Cardiac CT essentially has been developed to evaluate noninvasively the coronary arteries. It provides morphologic information regarding the presence or absence of coronary artery disease. Moreover it has the ability to provide precise structural information of the coronary artery wall and recognize the atherosclerotic plaque that can be associated with future acute coronary syndromes.

CT Calcium Scoring , a coronary artery calcification (CAC) test is used to estimate cardiovascular prognosis and provides additive information, above and beyond traditional cardiac risk factors, to estimate important clinical outcomes.

The purpose of this review is to stress the diagnostic and prognostic value of Coronary CT Angiography (CCTA) including Calcium Score in daily clinical practice. It summarizes its technical aspects, clinical indications and addresses new studies that demonstrate that CCTA can improve outcome and be lifesaving.

Keywords: Coronary Computed Tomography Angiography, Calcium Score, coronary artery disease, adverse atherosclerotic plaque, in stent restenosis, Bypass imaging, acute coronary syndromes