

Υβριδική Απεικόνιση στη Στεφανιαία Νόσο

ΙΩΑΝΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ^{1,2}, ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΣ², ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΖΑΦΕΙΡΑΚΗΣ²

¹Καρδιολογικό Τμήμα, Ευρωκλινική Αθηνών, ²Διαγνωστικό Κέντρο Euromedica-Εγκέφαλος

Λέξεις ευρετηρίου:
**Σπινθηρογράφημα
 αιμάτωσης μυοκαρδίου, πολυτομική
 αξονική τομογραφία
 καρδιάς, υβριδική
 απεικόνιση,
 στεφανιαία νόσος.**

Ημερ. παραλαβής
 εργασίας:
 15 Σεπτεμβρίου 2008
 Ημερ. αποδοχής:
 10 Νοεμβρίου 2008

Διεύθυνση
 Επικοινωνίας:
 Ιωάννης Βασιλείαδης

A. Τσόχα 18-20,
 115 21, Αθήνα
 e-mail:
vassiliadis@hellasnet.gr

Εισαγωγή: Η συνδυασμένη απεικόνιση με SPECT/CT, επιτρέπει την συγχώνευση ανατομικών εικόνων που παρέχονται από τη CT (πολυτομική αξονική στεφανιογραφία-ΠΑΣ) και λειτουργικών εικόνων από το SPECT (σπινθηρογράφημα αιμάτωσης μυοκαρδίου-ΣΑΜ). Σκοπός της μελέτης μας είναι η εκτίμηση ενός νέου λογισμικού (fusion imaging), που συνθέτει κοινή εικόνα αιμάτωσης και ανατομίας του στεφανιαίου δικτύου από τις επί μέρους εικόνες αξονικής στεφανιογραφίας και σπινθηρογραφήματος αιμάτωσης μυοκαρδίου που λαμβάνονται από ανεξάρτητες συσκευές, προσδιορίζοντας την ποιότητα των εικόνων, την παρεχόμενη διαγνωστική πληροφορία και για την έκθεση στην ακτινοβολία.

Ασθενείς-Μέθοδοι: Δέκα ασθενείς με ιστορικό γνωστής ή ύποπτης στεφανιαίας νόσου υποβλήθηκαν σε ΣΑΜ κόπωσης- ηρεμίας μίας ημέρας με ^{99m}Tc-tetrofosmin και ΠΑΣ 64 τομών μετά από χορήγηση σκιαγραφικού και πρωτοκόλλου χαμηλής έκθεσης στην ακτινοβολία (snapshot). Οι τρισδιάστατες εικόνες όγκου από την σύμμεξη των επί μέρους τεχνικών (fused SPECT-CTA) συγκρίθηκαν με τα ευρήματα των επί μέρους εικόνων καθώς και με τα ευρήματα της κλασσικής στεφανιογραφίας.

Αποτελέσματα: Τεχνικά ικανοποιητικές εικόνες ελήφθησαν σε 7 από τους 10 ασθενείς. Από τους υπολοίπους 6 ασθενείς (5 άνδρες και 1 γυναίκα μέσης ηλικίας 55 ± 14 ετών με διακύμανση από 41-72 χρόνια), υπήρξε ταύτιση των εικόνων ανατομίας με την ΠΑΣ και την κλασσική στεφανιογραφία ως προς την εντόπιση των ανατομικών αλλοιώσεων και σημαντική προσέγγιση με τα ελλείμματα αιμάτωσης στην περιοχή κατανομής του υπεύθυνου στενωμένου αγγείου. Η αναφερόμενη μέση έκθεση στην ακτινοβολία με την ΠΑΣ ήταν 6.4mSv και η ενδεικτική έκθεση με το ΣΑΜ 7-10 mSv.

Συμπεράσματα: Η υβριδική τεχνολογία συνδυασμένης απεικόνισης της αιμάτωσης και της ανατομίας της καρδιάς, μπορεί να ενσωματώνει πληροφορίες ύπαρξης αθηρωματικών αλλοιώσεων των στεφανιαίων αγγείων και των παθοφυσιολογικών τους επιπτώσεων ιδιαίτερα χρήσιμες για την πρωιμότερη διάγνωση προκλινικών μορφών στεφανιαίας νόσου.

Η ταχεία εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας προσέφερε στην καρδιολογία τέσσερις αναίμακτες απεικονιστικές τεχνικές - υπερηχογράφημα (ΗΧΟ-DSE), σπινθηρογράφημα αιμάτωσης μυοκαρδίου (ΣΑΜ-SPECT), μαγνητική τομογραφία καρδιάς (ΜΤΚ-CMR) και την πολυτομική αξονική στεφανιογραφία καρδιάς (ΠΑΣ-CTA) - οι οποίες σήμερα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της διάγνωσης, της πρόγνωσης και της θεραπείας των καρδιαγγειακών παθήσεων.

Η κλασσική στεφανιογραφία (ΣΤΕΦ) επί του παρόντος αποτελεί την καταξιωμένη επεμβατική μέθοδο για την απεικόνιση της ανατομίας του στεφανιαίου δικτύου. Αναφέρεται ότι σήμερα στις ΗΠΑ επί 15 εκατομμυρίων πασχόντων από στεφανιαία νόσο, δύο εκατομμύρια υποβάλλονται σε διαγνωστική στεφανιογραφία που αποτελεί το 75% από το σύνολο των επεμβατικών πράξεων στην καρδιά.

Από συγκεντρωτικά στοιχεία όμως της έκβασης της στεφανιογραφίας των παραπεμπομένων με υποψία στεφανιαία-

ας νόσου, προκύπτει ότι το 20-40% τούτων δεν εμφανίζουν σημαντική νόσο με συνέπεια στις τρέχουσες κατευθυντήριες οδηγίες να συνιστάται επί ασθενών με ύποπτη ή πιθανή παρουσία στεφανιαίας νόσου να προηγείται η αναίμακτη διαγνωστική εκτίμηση ώστε να αποφεύγονται οι άσκοπες και δαπανηρές αιμοδυναμικές παρεμβάσεις.¹

Επί γνωστής στεφανιαίας νόσου σημαντική είναι η προσφορά των απεικονιστικών τεχνικών ιδιαίτερα για τον καθορισμό της επεμβατικής ή συντηρητικής θεραπευτικής αγωγής. Η αγγειοπλαστική των στεφανιαίων αγγείων έχει καταστεί μια άνετη και ευέλικτη μέθοδος «μηχανικής επαναμύκωσης» και η τοποθέτηση των ενδοστεφανιαίων προθέσεων που αποδεσμεύουν φαρμακευτικές ουσίες, εγγυώνται για τη διατήρηση του καλού αποτελέσματος.

Παρά τα θεαματικά αρχικά αποτελέσματα, τελευταία πληθαίνουν τα ερωτήματα περί της σκοπιμότητας εφαρμογής αγγειοπλαστικής σε όλες τις περιπτώσεις με κύριο επιχείρημα ότι η απλή πιστοποίηση της αθηρωματικής βλάβης δεν είναι αρκετή από μόνη της να αποτελέσει ένδειξη παρέμβασης και η παρουσία κλινικού συνδρόμου δεν υποδεικνύει την ένοχη βλάβη. Συνεπώς απαιτείται η προσθήκη μιας λειτουργικής δοκιμασίας που θα εκτιμήσει τη σημαντικότητα της αιμοδυναμικής στένωσης. Παρόλα αυτά και ενώ στην χρήση των καρδιολόγων προσφέρονται πλήρως ανεπτυγμένες αναίμακτες τεχνικές, άνω του 70% των διενεργούμενων αγγειοπλαστικών γίνονται εν τη απουσία κάποιας απεικονιστικής τεχνικής² βασιζόμενοι στο αντανάκλαστικό της υποκειμενικής εκτίμησης της στένωσης (occulostenotic reflex). Οι επιπτώσεις όμως της μη καθοδηγούμενης από την ισχαιμία αγγειοπλαστικής μπαίνουν στο μικροσκοπικό κλινικών μελετών μεταξύ των οποίων οι πρόσφατες LATE BASKET που επιβεβαιώνουν την αυξημένη συχνότητα απώτερης θρόμβωσης των επενδυμένων προθέσεων³ και της μελέτης COURAGE⁴ που έδειξε ότι με την επέκταση των ενδείξεων αγγειοπλαστικής σε περιπτώσεις υποομάδων βλαβών και επί ασθενών στους οποίους η χειρουργική θεραπεία θα υπερείχε έναντι της φαρμακευτικής αγωγής στην επιβίωση τους, με την προτίμηση της αγγειοπλαστικής συμβαίνει το αντίθετο υπέρ της συντηρητικής θεραπείας.

Στην ίδια λογική κινείται και η χειρουργική θεραπεία της στεφανιαίας νόσου αν ληφθεί υπόψη ότι επιτυγχάνεται η επιθυμητή βελτίωση της πρόγνωσης όσο μεγαλύτερο το ποσό του μυοκαρδίου σε «κίνδυνο» πού καθορίζεται από τις λειτουργικές δοκιμα-

σίες, σύμφωνα με τα αποτελέσματα αρκετών μελετών με τελευταία των οποίων η μελέτη INSPIRE.

Για όλους τους προαναφερθέντες λόγους γίνεται επιτακτική η ανάγκη της καθοδήγησης της θεραπείας της στεφανιαίας νόσου από το συνδυασμό ανατομικών και λειτουργικών πληροφοριών. Ήδη οι αναίμακτες διαγνωστικές τεχνικές καλύπτουν όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις και διαφαίνεται ότι η μεγαλύτερη ωφέλεια για τον άρρωστο με το μικρότερο κόστος προκύπτει μέσα από το συνδυασμό τους και όχι από την αντιπαράθεση των πλεονεκτημάτων η των αδυναμιών κάθε μίας εξ αυτών.

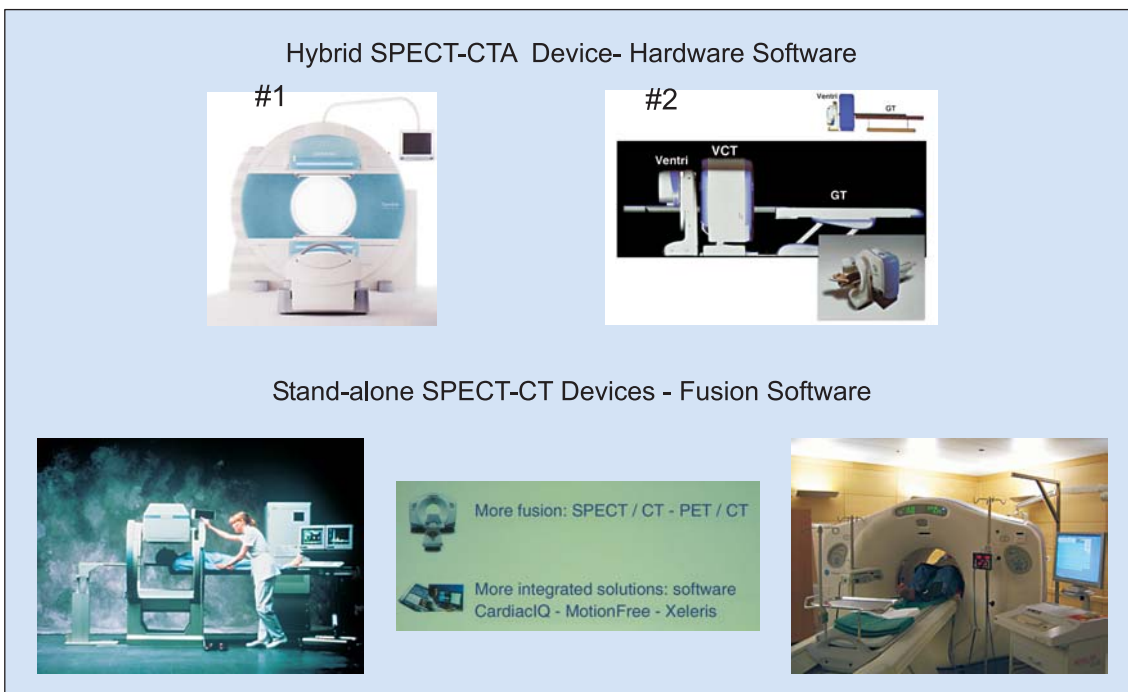
Η συνδυασμένη απεικόνιση (Integrated-Multimodality imaging) αποτελεί τη νέα πρόκληση της τρέχουσας Καρδιολογίας, που απαιτεί τη σύμπραξη διαφορετικών τεχνολογιών και ιατρικών ειδικοτήτων (καρδιολόγων, ακτινολόγων, πυρηνικών ιατρών). Αυτή είναι και η σύσταση προς τα μέλη των Καρδιολογικών Εταιρειών της Ευρώπης από τους Προέδρους των επιμέρους απεικονιστικών ομάδων εργασίας της Ευρωπαϊκής Καρδιολογικής Εταιρείας, για τη δημιουργία ομάδας ειδικών της καρδιαγγειακής απεικόνισης.⁵

Συνδυασμένη SPECT/CT απεικόνιση

Η συνδυασμένη απεικόνιση με SPECT/CT, επιτρέπει την συγχώνευση ανατομικών εικόνων που παρέχονται από την ΠΑΣ και λειτουργικών εικόνων από το ΣΑΜ οι οποίες, είτε λαμβάνονται από ένα κοινό συγκροτήμα τομογράφου εν σειρά χωρίς τη μετακίνηση του ασθενούς (Hybrid software), είτε από μεμονωμένα συγκροτήματα απεικόνισης ΠΑΣ και ΣΑΜ, τα επιμέρους δεδομένα των οποίων υφίστανται την επεξεργασία συγχώνευσης με ειδικό λογισμικό (Fusion software).

Στα υβριδικά συστήματα οι δύο σαρωτές εικόνας (scanners) φιλοξενούνται σε κοινή πλατφόρμα (gantry), ύψους 188 x 228 μήκους 158. Η καλύτερη απόδοση του συγκροτήματος εξαρτάται για το PET ή το SPECT από την ποιότητα της εικόνας, από την χωρική ανάλυση και την διάρκεια απεικόνισης και για το CT από τον αριθμό τομών και την ταχύτητα περιστροφής.^{6,7}

Το υβριδικό λογισμικό, που συγχωνεύει εικόνες από μεμονωμένες συσκευές, αποτελεί άριστη εναλλακτική λύση τόσο για τα περισσότερα κέντρα που έχουν ξεχωριστά συστήματα (αξονικό τομογράφο και γ-κάμερα), όσο και για τα οικονομικά της υγείας, ιδιαίτερα στη χώρα μας, όταν μια επένδυση σε υβριδική συσκευή που θα διενεργεί μόνο εξετάσεις καρδιάς δεν είναι ανταποδοτική (Εικόνα 1).⁸



Εικόνα 1. Άνω: Δύο σε κλινική χρήση Υβριδικά συστήματα ενσωματωμένων τομογράφων SPECT-CTA. Κάτω: Ανεξάρτητα συστήματα SPECT αριστερά και CTA δεξιά που συνδέονται με κατάλληλο λογισμικό (μέσο).

Οι εικόνες που λαμβάνονται και με τους δύο τρόπους (υβριδικές συσκευές- υβριδικό λογισμικό), έχουν υποστεί επεξεργασία διόρθωσης της απομείωσης των κρούσεων, παρέχουν ακριβή ανατομική εντόπιση των στενωτικών αλλοιώσεων και απεικονίζουν ποιοτικά και ποσοτικά την έκταση και τη βαρύτητα των ελλειμμάτων αιμάτωσης στην περιοχή κατανομής των στενωμένων αγγείων με αποτέλεσμα η ευαισθησία και η ειδικότητα να είναι υψηλή (Εικόνα 2).⁹

Μεθοδολογία απεικόνιση αιμάτωσης/ανατομίας με συγχώνευση εικόνων ΣΑΜ και ΠΕΣ από κοινό λογισμικό (Software fusion imaging from stand-alone devices).

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω η μέθοδος της συγχώνευσης εικόνων μέσω λογισμικού, αποτελεί μια εφικτή και αξιόπιστη μέθοδο σε κέντρα που έχουν ήδη εγκατεστημένες συσκευές αξονικού τομογράφου 64 τομών και γ-camera SPECT. Τα στάδια επεξεργασίας των εικόνων έχουν ως ακολούθως (Εικόνα 3).

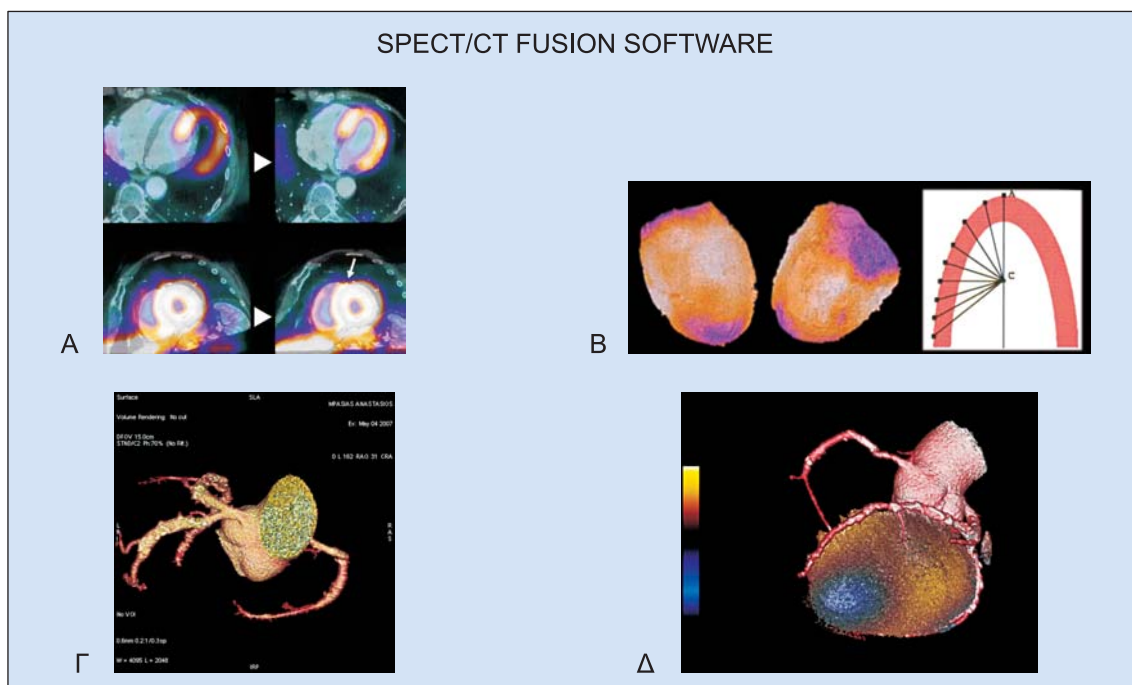
1. Αλληλεπίθεση εικόνων SPECT-CT

Η επεξεργασία των εικόνων ξεκινά με τη μεταφορά των διαξονικών εικόνων εκ των οβελιαίων και στεφανιαίων τομών του SPECT και την επίθεση τους επί



Εικόνα 2. Συνδυασμένη τρισδιάστατη απεικόνιση φυσιολογικής αιμάτωσης λειτουργικότητας από SPECT και CTA, επεξεργασμένα με υβριδικό λογισμικό.

των αντίστοιχων προβολών της ΠΑΣ, ώστε να επέρχεται η βέλτιστη διασταύρωση λειτουργικών και δομικών εικόνων (Εικόνα 3Α). Το πρωτόκολλο αυτόματα προσανατολίζει τις σύνθετες εικόνες αιμάτωσης ανατομίας σύμφωνα με τα πρότυπα της Αμερικανικής



Εικόνα 3. Στάδια επεξεργασίας εικόνας πρωτοκόλλου Card IQ Fusion software (Α-Δ). Το κύριο πρωτόκολλο περιλαμβάνει την αλληλεπίθεση εικόνων, τον καθορισμό ορίων αριστερής κοιλίας, την διανομή του στεφανιαίου δικτύου και την ανασύνθεση της τελικής εικόνας.

Καρδιολογικής Εταιρείας διαχωρισμού και ονοματολογίας τμημάτων.

Παρέχοντας την ευχέρεια στο χρήστη να διενεργεί και ο ίδιος διορθώσεις στην περιστροφή της αριστερής κοιλίας περί τον επιμήκη άξονα της, με οδηγό σημείο τη μετάπτωση της αριστερής στη δεξιά κοιλία.

2. Καθορισμός ορίων επικαρδίου αριστερής κοιλίας

Σε αυτή τη φάση του πρωτοκόλλου εμφανίζεται τρισδιάστατη εικόνα της αρ. κοιλίας από την ΠΑΣ (volume rendering), η οποία επιτρέπει την προσθαφαίρεση τμημάτων της κοιλίας ώστε να καθορίζεται το περίγραμμα του επικαρδίου της αρ. κοιλίας (Εικόνα 3B). Εν συνεχεία επιπροβάλλεται η εικόνα αιμάτωσης από το ΣΑΜ και ελέγχεται η ταύτιση των δύο εικόνων. Κάθε σημείο της επιφανείας της αρ. κοιλίας αποτελεί ένα εικονοκύτταρο που διαθέτει μια ορισμένη θολερότητα (opacity) για το ΠΑΣ που μετράται σε μονάδες Hounsfield και χρωματική διαβάθμιση που στηρίζεται στα δεδομένα του ΣΑΜ. Από αυτά τα σημεία ξεκινά μια ακτίνα προς το κέντρο της καρδιάς όπως σχηματίστηκε από την ΠΑΣ, που διατηρεί το μέγιστο της χρωματικής έντασης της φυσιολογικής αιμάτωσης της καρδιάς με το ΣΑΜ.

3. Διανομή του στεφανιαίου δικτύου

Η φάση του πρωτοκόλλου προβλέπει την ανακατασκευή του στεφανιαίου δικτύου από την ΠΑΣ (tree segmentation), όπου με τη βοήθεια αλγορίθμου γίνεται αυτόματη προσθαφαίρεση τμημάτων του στεφανιαίου δικτύου του η τμήματος (Εικόνα 3Γ)

4. Ανασύνθεση τελικής τρισδιάστατης εικόνας

Το τελευταίο βήμα του λογισμικού συγχώνευσης των εικόνων, εμφανίζει τρισδιάστατη εικόνα συγχώνευσης του όγκου της αριστερής κοιλίας με την κατανομή του στεφανιαίου δικτύου από την ΠΑΣ και την αριστερή και δεξιά κοιλία όπως ελήφθησαν από την φάση.³ Με τις παραμέτρους είναι εφικτή, η διαχείριση των εικόνων με «ξεθώριασμα» της δεξιάς κοιλίας ώστε να είναι δυνατή η καλύτερη απεικόνιση του μεσοκοιλιακού διαφράγματος, η περιστροφή των εικόνων σε πολλαπλές προβολές και η συνεχής κίνηση σε ατέρμονα αγκύλη (Εικόνα 3Δ).

Κλινικές εφαρμογές

Η συνδυασμένη απεικόνιση αιμάτωσης μυοκαρδίου/ανατομίας στεφανιαίου δικτύου, προέκυψε από

την υφιστάμενη αδυναμία της εκτίμησης της λειτουργικής επίπτωσης των στενωτικών αλλοιώσεων των στεφανιαίων αγγείων με μορφολόγο-ανατομικά κριτήρια που παρέχονται από την κλασική η αξονική στεφανιογραφία. Στην κλινική πράξη έχει γίνει αποδεκτό ότι στένωση >50% της διαμέτρου του αυλού, αρχίζει να δημιουργεί αιμοδυναμικές επιπτώσεις, παρά το ότι πολλοί παράγοντες που δεν μπορούν να υπολογιστούν από την μελέτη της βατότητας του αυλού, τελικά μπορεί να διαμορφώσουν την επίπτωση της στένωσης στην αιμάτωση του μυοκαρδίου.¹⁰ Αν για παράδειγμα αναφέρουμε ασθενείς με πολυαγγειακή νόσο, θα πρέπει να αναζητείται ποια εκ των βλαβών η ποιο από τα αγγεία είναι υπεύθυνο για την πρόκληση περιοριστικών φαινομένων της αιματικής ροής, ώστε η τοποθέτηση υψηλού κόστους stents (DES) να είναι στοχευμένη.

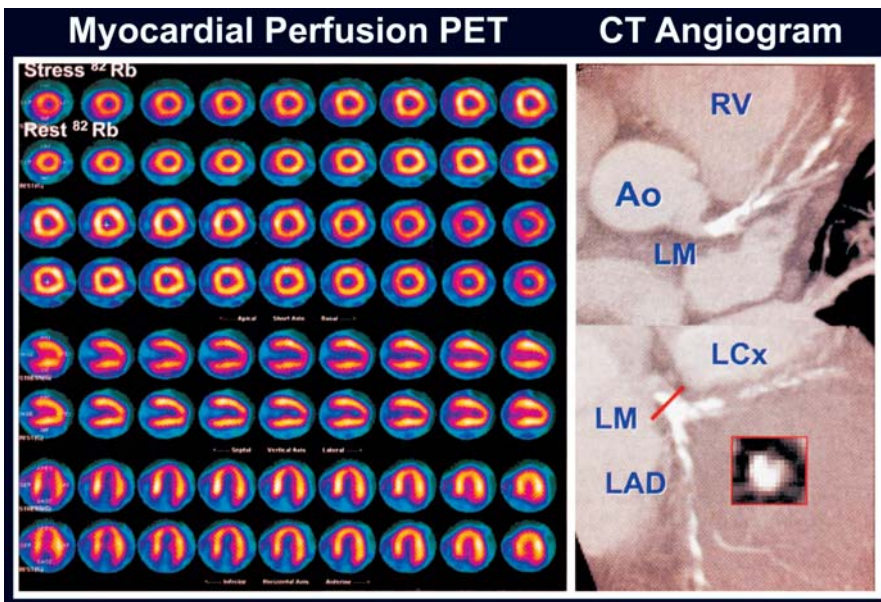
Οι διαθέσιμες στην κλινική πράξη λειτουργικές δοκιμασίες (δυναμικό ηχοκαρδιογράφημα - σπινθηρογράφημα αιμάτωσης μυοκαρδίου), συχνά υστερούν στην εκπλήρωση αυτής της αποστολής. Το ΣΑΜ που κατά γενική παραδοχή υπερέχει διότι έχει υποστεί τη δοκιμασία του χρόνου και την κριτική μεγάλων κλινικών μελετών, παρουσιάζει το μειονέκτημα της σχετικής παρά της απόλυτης εκτίμησης της στεφανιαίας ροής και δεν είναι σπάνιο η έκταση και η βαρύτητα των ελλειμμάτων αιμάτωσης να υποεκτιμά την ανατομική βαρύτητα της νόσου με ακραία περίπτωση αυτή της ισόρροπου ισχαιμίας (balanced ischemia) (Εικόνα 4).¹¹

Η απόκλιση πληροφοριών αιμάτωσης και ανα-

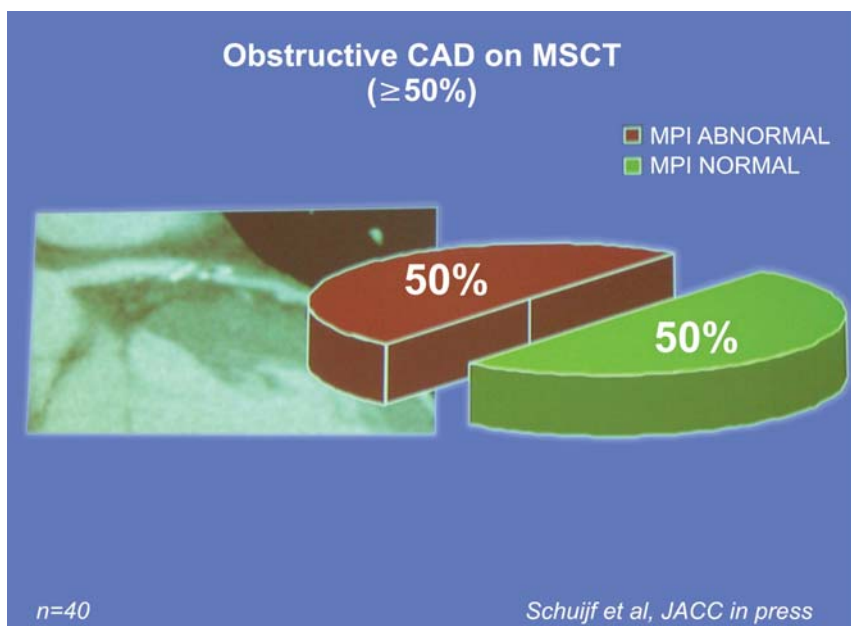
τομίας αναδεικνύεται στην πρόσφατη εργασία των Schuijf και συν.¹² Επί 114 ασθενών με ενδιάμεση πιθανότητα ΣΝ έγινε σύγκριση τμήματος προς τμήμα μεταξύ πολυτομικής αξονικής στεφανιογραφίας (ΠΑΣ) και ΣΑΜ και στη συνέχεια σε 58 εξ αυτών έγινε σύγκριση προς τη κλασική στεφανιογραφία. Από τούς ασθενείς εκείνους με αθηρωματικές στενωτικές αλλοιώσεις των στεφανιαίων αγγείων στην ΠΑΣ μόνο το 50% παρουσίασαν αντίστοιχα ελλείμματα αιμάτωσης στο ΣΑΜ καταδεικνύοντας ότι η ανατομική πληροφορία είναι ανεξάρτητη της πληροφορίας αιμάτωσης και ότι ο συνδυασμός τους παρέχει την ρεαλιστικότερη εκτίμηση της στεφανιαίας νόσου (Εικόνα 5).

Από τα παραπάνω εκτεθέντα άρχισαν να διαμορφώνονται οι κλινικές ενδείξεις για την συνδυασμένη απεικόνιση. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες κλινικής εφαρμογής της συνδυασμένης απεικόνισης, σε χαμηλού κινδύνου ασθενείς που αιτιώνται προκάρδιο άλγος, μπορούν να παραπέμπονται μόνο για έλεγχο αθηρωματικού φορτίου και επί θετικών ευρημάτων να επακολουθεί ο έλεγχος αιμάτωσης με SPECT (Πίνακας 1).

Επί ασθενών με ενδιάμεση πιθανότητα νόσου, που αποτελεί και την πλειονότητα των προς διερεύνηση περιστατικών, μπορεί να προηγηθεί έλεγχος αιμάτωσης με SPECT (Class I, LOE B)¹⁴ και επί θετικού αποτελέσματος επακολουθεί ο έλεγχος της ανατομίας των στεφανιαίων αγγείων με ΠΑΣ και η περαιτέρω θεραπευτική αντιμετώπιση (Διάγραμμα).



Εικόνα 4. Παράδειγμα ασθενούς με σημαντική αθηρωματική νόσο τριών αγγείων στο ΠΑΣ και «φυσιολογική» αιμάτωση μυοκαρδίου. (Αναπαράγωγή από βιβλ. Παραπομπή 11)

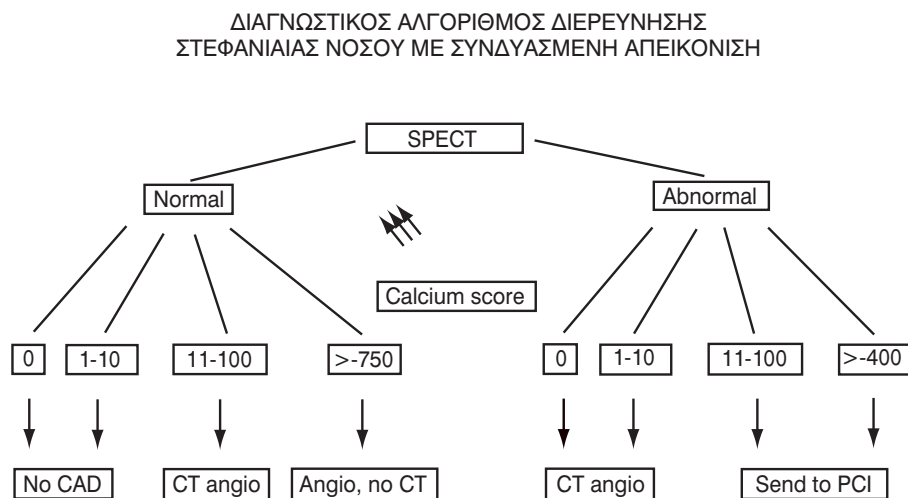


Εικόνα 5. Επί ασθενών με αθηρωματικές στενωτικές αλλοιώσεις στο ΠΑΣ μόνο 54% είχαν αντίστοιχα ελλείμματα αιμάτωσης στο ΣΑΜ. (Αναπαράγωγή από βιβλ. Παραπομπή 12).

Πίνακας 1. Κλινικές εφαρμογές της συνδυασμένης εφαρμογής ΠΑΣ-ΣΑΜ

1. Έλεγχος του αθηρωματικού φορτίου (Calcium scoring)
2. Ανατομία στεφανιαίου δικτύου με χορήγηση σκιαγραφικού.
3. Μελέτη της αιμάτωσης του μυοκαρδίου σε ηρεμία και μετά κόπωση με τη δυνατότητα ποσοτικής μέτρησης της στεφανιαίας ροής, της στεφανιαίας εφεδρείας και της αντιστοιχίας των ισχαιμικών περιοχών προς το υπεύθυνο αγγείο (PET/CT).
4. Μελέτη βιωσιμότητας με συσχέτιση προς το υπεύθυνο αγγείο .
5. Εντόπιση αθηρωματικών πλακών με ενδείξεις φλεγμονής (vulnerable plaques) με τη χρήση PET..
6. Διόρθωση της απομείωσης των κρούσεων από παρεμβολή μαλακών μορών με τη χρήση της υβριδικής απεικόνισης

Διάγραμμα. Διαγνωστική και θεραπευτική προσέλαση ασθενών με ενδιάμεση πιθανότητα στεφανιαίας νόσου με τη χρήση συνδυασμένης απεικόνισης.



Η Ελληνική εμπειρία

Πρόσφατα θέσαμε σε κλινική εφαρμογή ένα νέο λο-

γισμικό σχεδιασμένο για τη συγχώνευση σε τρισδιάστατη εικόνα δεδομένων που λαμβάνονται ξεχωριστά από το ΣΑΜ -SPECT και την ΠΑΣ 64 τομών.

Πρόκειται περί της πρώτης αναφοράς στον Ελληνικό χώρο ενώ συγκαταλέγεται μεταξύ των πρώτων αναφορών παγκοσμίως. Με τη μελέτη μας αυτή του συνδυασμού στοιχείων ανατομίας και αιμάτωσης επιχειρούμε να προσεγγίσουμε με μεγαλύτερη διαγνωστική ακρίβεια την επίπτωση των ανατομικών βλαβών επί της αιμάτωσης του μυοκαρδίου ώστε να εφαρμοστεί η καταλληλότερη κατά περίπτωση θεραπεία ενώ παράλληλα λαμβάνουμε πρόσθετες πληροφορίες που αφορούν στη διαστρωμάτωση επικινδυνότητας της ΣΝ με τη μέτρηση του ολικού αθηρωματικού φορτίου. Στη μελέτη μας αυτή προσπαθούμε επίσης να μετρήσουμε τη συνολική έκθεση του ασθενούς σε ακτινοβολία που αποτελεί ένα από τα προβλήματα των τεχνικών που χρησιμοποιούν ιοντίζουσα ακτινοβολία χρησιμοποιώντας ειδική τεχνική συγχρονισμού της ΠΑΣ με το ηλεκτροκαρδιογράφημα που στηρίζεται στη συλλογή στοιχείων σε καθορισμένη φάση του καρδιακού κύκλου (τελοδιαστολική φάση). Η μελέτη μας αποτελεί μέρος κοινού πρωτοκόλλου έρευνας με το τμήμα καρδιαγγειακής απεικόνισης του Πανεπιστημίου της Ζυρίχης.

Ασθενείς και μέθοδοι

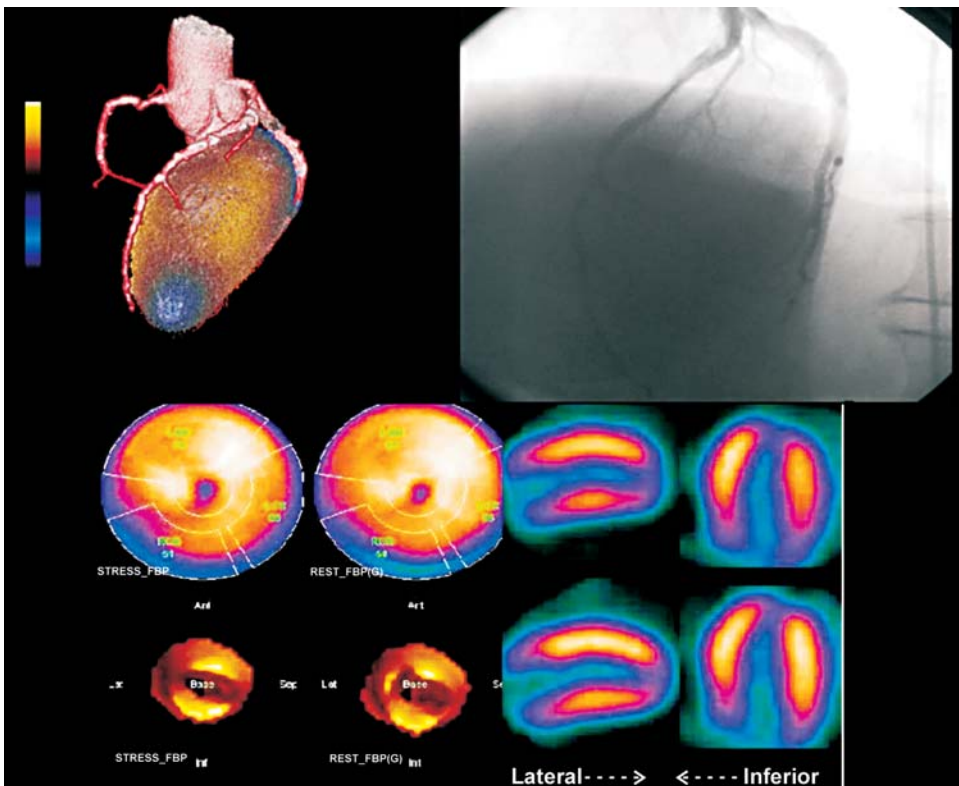
Από τους ασθενείς που παραπέμφθηκαν για διερευ-

νηση στεφανιαίας νόσου επιλέχθηκαν μέχρι τώρα 10 ασθενείς με σημαντική στένωση (>50% στένωση της διαμέτρου του αυλού) στην ΠΑΣ η έλλειμμα αιμάτωσης του μυοκαρδίου στις εικόνες μετά από κόπωση στο ΣΑΜ, οι οποίοι σε διάστημα < 3 μηνών υποβλήθηκαν και στις δύο εξετάσεις.

Για το ΣΑΜ- SPECT ακολουθήθηκε το τυπικό πρωτόκολλο εξέτασης μιας ημέρας κόπωσης/ηρεμίας, με 8/16 mCi Tetrofosmin, από γ-κάμερα Millepium MPR σε σταθμό XELERIS (GE Healthcare). Για το σκοπό του συνδυασμού των εικόνων ελήφθησαν οι Transaxial εικόνες κόπωσης.

Για την ΠΑΣ χρησιμοποιήθηκε συσκευή 64 τομών (Light speed VCT, XT (GE Health care) με ανιχνευτή κατευθυντήρα 64 x 0,625 mm; με ελάχιστο παράθυρο x-ακτινοβολίας (75% του R-R διαστήματος, συνολική κάλυψη κατά τον Z άξονα 40 mm, περιστροφή του δακτυλίου σε χρόνο 650 ms, χωρική ανάλυση εικονοστοιχείου 0,35 mm και χρονική ανάλυση 87-175 ms και ένταση ρεύματος λυχνίας 450-650 mA (για άτομα με σωματικό δείκτη BMI 22-30 Kg/m²).

Όλοι οι ασθενείς πριν την εξέταση και μετά από προηγούμενη λήψη ιστορικού, ηλεκτροκαρδιογραφήματος, αρτηριακής πίεσεως και ελέγχου νεφρικής λειτουργίας ελάμβαναν υπογλωσσίως νιτρώδη βραχείας δράσεως προς επίτευξη μεγίστης διαστολής των στεφανιαίων και β-αναστολείς ενδοφλεβίως με-



Εικόνα 6. Περίπτωση ασθενούς με πιθανό «στεφανιαίο επεισόδιο» σε νεαρή ηλικία. Άνω αριστερά: Έλλειμμα αιμάτωσης κορυφής στην περιοχή κατανομής αποφραγμένου 2ου διαγωνίου κλάδου σε συνδυασμένη εικόνα από SPECT-CTA. Δεξιά άνω : κλασική στεφανιογραφία. Κάτω: Ποσοτική εκτίμηση του ελλείμματος (Bull’s eye – τριδιάστατη) και ποιοτική στις κάθετες και οριζόντιες προβολές κόπωσης (άνω)-ηρεμίας (κάτω).

χρη επιτεύξης καρδιακής συχνότητας <65 σφίξεις/λεπτό ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή του προγράμματος μειωμένης ακτινοβολίας (snapshot) με προοπτική ηλεκτροκαρδιογραφική καθοδήγηση και λήψη εικόνων σε κάθε δεύτερο καρδιακό κύκλο μετά τη μετακίνηση της κλίνης για τρεις φορές ώστε να καλύπτεται επιφάνεια πεδίου 40 mm σε συνολικό χρόνο 5-6 sec. Πριν την τελική απεικόνιση των στεφανιαίων αγγείων, οι ασθενείς ελάμβαναν ιωδιούχο σκιαγραφικό ενδοφλεβίως συνολικού όγκου 70-100 ml με ρυθμό έγχυσης 0,5ml/s ακολουθούμενο από έκπλυση με φυσιολογικό ορό με τον ασθενή να συγκρατεί την αναπνοή του για 5-10 sec.

Της κυρίας εξέτασης, προηγείτο απεικόνιση της καρδιάς με χαμηλή δόση ακτινοβολίας (1mSv) για την εξαγωγή του αθηρωματικού φορτίου

Η συγχώνευση των δεδομένων των δύο εξετάσεων έγινε με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω στον σταθμό Advantage Workstation 4.3 GE Health care της ΠΑΣ (Εικόνα 3).

Στους ασθενείς που παραπέμφθηκαν για περαιτέρω κλασική στεφανιογραφία με προοπτική την αγγειοπλαστική, τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα της ΠΑΣ. Η σύγκριση ήταν υποκειμενική και χρησιμοποιήθηκε το εγκεκριμένο μοντέλο των 15 τμημάτων.¹⁵

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα από την αρχική φάση της μελέτης μας τεκμηριώνουν την καλή ποιότητα της εικόνας που προέκυψε από τη συγχώνευση επί μέρους εικόνας ΣΑΜ και ΠΑΣ 64 τομών (Εικόνα 6). Η αναφερόμενη μέση έκθεση στην ακτινοβολία με την ΠΑΣ ήταν 6,4mSv και η ενδεικτική έκθεση με το ΣΑΜ 7-10 mSv. Η μέση καρδιακή συχνότητα ήταν 62 σφίξεις /λεπτό και η μέση χορηγηθείσα δόση Ατενολόλης 5,8 mg. Οι εικόνες ερμηνεύτηκαν ανεξάρτητα από δύο διαγνώστες, Καρδιολόγο και Ακτινολόγο και ο χρόνος επεξεργασίας και συγχώνευσης των εικόνων ήταν 15 min.

Τρεις από τους 10 ασθενείς αποκλείστηκαν της μελέτης λόγω τεχνικών ανεπαρκών εικόνων από την ΠΑΣ, που οφείλονταν σε μεταβαλλόμενη καρδιακή συχνότητα, σε υψηλό αθηρωματικό δείκτη (CCS>600), σε αναπνευστικές κινήσεις και 1/10 λόγω αρρυθμίας κατά τη λήψη του gated SPECT.

Από τους υπολοίπους 6 ασθενείς (5 άντρες και 1 γυναίκα μέσης ηλικίας 55 ± 14 ετών με διακύμανση από 41-72 χρόνια), υπήρξε ταύτιση των εικόνων ανατομίας με το ΠΑΣ και την κλασική στεφανιο-

γραφία ως προς την εντόπιση των ανατομικών αλλοιώσεων και σημαντική προσέγγιση με τη βαρύτητα της στένωσης. Η προσπάθεια συσχετισμού του αθηρωματικού φορτίου προς την έκταση και τη βαρύτητα των σπινθηρογραφικών ελλειμμάτων ήταν θετική, χωρίς μέχρι αυτή τη φάση να είναι δυνατή η εξαγωγή στατιστικής σημαντικότητας λόγω του μικρού αριθμού των μελετηθέντων.

Με την εφαρμογή του νέου προγράμματος υβριδικής απεικόνισης, προέκυψε σε αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστία στην ερμηνεία των εικόνων από την περιορισμένη διάσταση απόψεων των δύο ερμηνευτών

Περιορισμοί

Στους περιορισμούς της μεθόδου συγκαταλέγονται η δυνατότητα εφαρμογής του προγράμματος μόνο σε δεδομένα που ελήφθησαν από συγκεκριμένες συσκευές, η χρονοβόρα διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων και η ανάγκη για απόλυτη ταύτιση των τομών από τις δύο απεικονίσεις. Επιπρόσθετα υπάρχει αδυναμία ποσοτικής ανάλυσης του βαθμού της στένωσης στην περίπτωση που η βλάβη είναι έντονα αθηρωματική.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί η έκθεση στην ακτινοβολία, παρά το ότι με την μέθοδο που χρησιμοποιούμε υπάρχει περιορισμός της κατά 50% με κόστος τη μη δυνατότητα λήψης τελοσυστολικών φάσεων που καθιστά αδύνατη την εξαγωγή πληροφοριών λειτουργικότητας αριστερής κοιλίας.

Συμπεράσματα

Η συνδυασμένη υβριδική τεχνολογία απεικόνισης της αιμάτωσης και της ανατομίας, ήταν η από μακρού αναμενόμενη one stop shop στην καρδιολογία, που μπορεί να ενσωματώνει πληροφορίες ύπαρξης αθηρωματικών αλλοιώσεων των στεφανιαίων αγγείων και των παθοφυσιολογικών τους επιπτώσεων.

Η χρήση της συνδυασμένης απεικόνισης της καρδιάς θα πρέπει να ενταχτεί στο πρόγραμμα της εκπαίδευσης των νέων καρδιολόγων και της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης των ειδικευμένων χωρίς να παροράτε ότι η απεικόνιση είναι εστιασμένη προς τον άρρωστο και ότι ο καρδιολόγος παραμένει κλινικός ιατρός που συνθέτει την συνολική εικόνα του ασθενούς του και από τις ψηφίδες της απεικόνισης.

“... Σε διαφορετική περίπτωση κινδυνεύουμε να χάσουμε την κλινική μας κληρονομιά, προσκολλημένοι σε εικόνες που βγάζουν τα μηχανήματα”. R, Bonow 6th Annual M. Verani Memorial Lecture.¹⁶

Κατάλογος συντομεύσεων**SPECT:** Τομογραφία εκπομπής μεμονωμένου φωτονίου**CTA:** Αξονική τομογραφία καρδιάς**ΠΑΣ :** Αξονική τομογραφία καρδιάς**ΣΑΜ :** Σπινθηρογράφημα αιμάτωσης μυοκαρδίου**PET :** Τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίου**CMR:** Μαγνητική τομογραφία καρδιάς**DSE:** Δυναμικό υπερηχογράφημα**CCS:** Βαθμονόμηση αθηρωματικού φορτίου σε μονάδες Agatston**Βιβλιογραφία**

- Heart disease and stroke statistics-2008 update. American Heart Association 2007. Available from URL <http://www.americanheart.org>
- Topol EJ, Ellis SG, Cosgrove DM, et al. Analysis of coronary angioplasty practice in the United States with an insurance-claims data base. *Circulation* 1993;87:1489-97
- Camenzind E, Steg PG, Wijns W. Stent thrombosis late after Implantation of first-generation drug-eluting stents: a cause for Concern. *Circulation* 2007; 115: 1440-1455.
- Boden WE, O'Rourke RA, Teo KK, et al. Optimal therapy with or without PCI for stable coronary disease. *N Engl J Med* 2007; 356: 1503-1516.
- Fraser GA, Buser TP, Bax JJ, et al. The future of cardiovascular imaging and non-invasive diagnosis. A joint statement from the European Association of Echocardiography, the Working Groups on Cardiovascular Magnetic Resonance, Computers in Cardiology, and Nuclear Cardiology, of European Society of Cardiology, the European Association of nuclear Medicine, and the Association for European Paediatric Cardiology. *Eur Heart J*. 2006 27, 1750-1753.
- Lang TF, Hasegawa BH, Soo Chin et al. Description of a prototype emission transmission computed tomography Imaging System. *J Nucl Med* 1992, 33: 1881-1887.
- Beyer T, Townsend DW, Brun T, et al. Accomplished PET/CT scanner for clinical oncology *J Nucl Med*. 2000 41: 1369-1379.
- Geampreli O, Schepis T, Kalff V, et al. Validation of a new cardiac imaging software for three-dimensional integration of myocardial perfusion SPECT and stand-alone 64-slice CT angiography. *Eur J Med Mol Imaging*, (2007) 34: 1097-1106
- Rispler S, Keidar Z, Ghersin E, et al. Integrated SPECT/CT for the assessment of hemodynamically significant coronary artery lesions. *J Am Coll Cardiol* 2006; 49: 1059-1067.
- White CW, et al. Does visual interpretation of the coronary arteriogram predict the physiologic importance of a coronary stenosis? *N Engl J Med* 1984; 310: 819-824.
- Di Carli M F, Hachamovitch R, et al. Integrated cardiac PET/CT for the diagnosis and management of CAD. *J Nuc Cardiol* 2006; 26: 38-46.
- Schuijff JD, Wijns W, Jukema W, et al. Relationship Between Noninvasive Coronary Angiography with Multi-Slice Computed Tomography and Myocardial Perfusion Imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2006; 48: 2508-2514.
- Ragosta M, Bishop AH, Lipson LC, et al. Comparison between angiography and fractional flow reserve versus single-photon emission computed tomographic myocardial perfusion imaging for determining lesion significance in patients with multivessel coronary disease. *Am J Cardiol*. 2007; 99: 896-902.
- Klocke FJ, Baird MG, Lorell BH, Bateman TM, et al. ACC/AHA/ASNC guideline update for the clinical use of cardiac radionuclide imaging-executive summary: a report of the ACC/AHA/ASNC Committee to revise the 1995 Guidelines for the clinical use of Cardiac Radionuclide Imaging. *Circulation* 2003; 108: 1404-1447.
- Austen WG, Edwards JE, Frey RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc committee for grading of coronary artery disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation* 1975; 51: 5-40.
- Bonow R. Sixth Verani Memorial Lecture. Cardiovascular Imaging-Added value or added cost. *J Nuc Cardiol*. 2008; 15: 2: 170-177.