

Υβριδική Καρδιακή Απεικόνιση. Τρέχουσες και Δυνητικές Εφαρμογές

Γ. Δ. ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ

Διευθυντής Σύνταξης

Οι εξελίξεις την τελευταία δεκαετία στην καρδιαγγειακή απεικόνιση έχουν καταστήσει εφικτή την συνδυασμένη (υβριδική) αξιολόγηση. Η σύνθεση των απεικονιστικών δεδομένων πραγματοποιείται είτε εξ'υπαρχής με την ταυτόχρονη διεκπεραίωση των διαφορετικών απεικονιστικών τεχνικών στον ίδιο χώρο με κατάλληλες υποδομές (υβριδικά απεικονιστικά συστήματα), είτε μεθύτερα της διενέργειας εκάστης των απεικονιστικών μεθόδων με αλληλεπίθεση των ψηφιακών στοιχείων που έχουν ήδη καταγραφεί.

Μετά το 2005 αναπτύχθηκαν προοδευτικά και σήμερα υπάρχει ικανός αριθμός εφαρμογών λογισμικού που αξιοποιούν διαφορετικές μεθοδολογίες για την όσο το δυνατόν αξιόπιστη συγχώνευση των τρισδιάστατων ψηφιακών δεδομένων εκάστης των απεικονιστικών μεθόδων.

Οι διαθέσιμες προς συγχώνευση απεικονιστικές μέθοδοι είναι η υπερηχοκαρδιογραφία (ECHO), το σπινθηρογράφημα αιματώσεως μυοκαρδίου (SPECT), η αξονική καρδιαγγειακή τομογραφία (CT) και ειδικότερα η ψηφιακή στεφανιογραφία (CTCA), η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων

(PET) η μαγνητική τομογραφία (MRI) αλλά και η αιμοδυναμική ακτινοσκόπηση.

Ιστορικά η πρώτη σύνθεση επιτεύχθηκε το 1999 με συγχώνευση συμβατικής στεφανιογραφίας και SPECT, ενώ το 2001 επακολούθησε η σύνθεση PET /CTCA.

Σημαντικό ρόλο στην συνθετική αποτελεσματικότητα διαφορετικών μεθόδων διεδραμάτισε η δυνατότητα ψηφιακής σύλληψης συγχρονισμένα με το ΗΚΓ που εφαρμόσθηκε συστηματικά μετά το 2007.

Η συνδυασμένη χρήση PET/CT έχει ήδη ευρεία και κρίσιμη συνεισφορά στην ογκολογία όπως επισημάνθηκε και στην τοποθέτηση διεθνών εταιρειών το 2011.¹

Στην ίδια τοποθέτηση αναφέρεται για πρώτη φορά η ενδεχόμενη κλινική αξιοποίηση της υβριδικής απεικόνισης με SPECT/CTCA είτε PET/CTCA στην αξιολόγηση της εκτάσεως της υποκείμενης ισχαιμίας σε πρωτοδιαγιγνωσκόμενη είτε γνωστή χρόνια σταθερή στεφανιαία νόσο.

Ενώ στην ογκολογία είναι επιβεβλημένη η χρήση υβριδικών απεικονιστικών συστημάτων (κυρίως PET/CT), στην αξιολόγηση υποκείμενης ισχαιμίας δεν είναι τούτο επιβεβλημένο και

μάλιστα έχει επισημανθεί η δυνατότητα χρήσης λογισμικού αναδρομικής σύνθεσης δεδομένων SPECT/PET με CTCA που έχουν καταγραφεί κατ' αρχήν κεχωρισμένα.

Επιπρόσθετη ωφέλεια από την υβριδική απεικόνιση με SPECT/CTCA προκύπτει από τη δυνατότητα διόρθωσης σφαλμάτων λόγω εξασθένησης στο SPECT (attenuation correction) με αξιοποίηση της πληροφορίας χωροταξικής διευθέτησης από την CTCA.

Στην αξιολόγηση της υποκείμενης ισχαιμίας είναι γνωστό ότι η ανατομική πληροφορία (κλασική είτε ψηφιακή στεφανιογραφία) έχει μειωμένη ειδικότητα (40% έως 70%), μειονέκτημα που αντισταθμίζεται από την αυξημένη ειδικότητα (>80%) απεικονιστικών μεθόδων αιματώσεως και συνεπακόλουθα του πλεονεκτήματος της συνδυασμένης χρήσης κυρίως SPECT και ενδεχομένως PET (SPECT/CTCA, PET/CTCA).²

Στην αξιολόγηση υποκείμενης ισχαιμίας στη χρόνια σταθερή στεφανιαία νόσο, λόγω των υπάρχουσών δυσχερειών διαθεσιμότητας υβριδικών απεικονίσεων και του ενδεχόμενου εκθέσεως σε ακτινοβολία, προτείνεται ο περιορισμός της χρήσης σε περιπτώσεις με πολλαπλές ανατομικές βλάβες, σε μεμονωμένες βλάβες αμφίβολης λειτουργικής βαρύτητας και σε πλήρεις αποφράξεις.³

Ενδεχόμενη ιδιαίτερη αξία προκύπτει σε ασθενείς με μειωμένη λειτουργικότητα αριστερής κοιλίας όπου η συνδυασμένη αξιολόγηση ισχαιμίας και ισοζυγίου μυοκαρδιακής νεκρώσεως/βιωσιμότητας αποβαίνει καταλυτική για την περαιτέρω διαχείριση.

Είναι γνωστό ότι το κρίσιμο ποσοστό ισχαιμίας (που υπερβαίνει το 10% της μυοκαρδιακής μάζας και προτείνεται από τις κατευθυντήριες οδηγίες ως καθοριστικό για αποφάσεις επαναιματώσεως) αφορά ασθενείς με διατηρημένο κλάσμα εξωθήσεως.

Κατά συνέπεια στον υπόλοιπο πληθυσμό με μειωμένο κλάσμα εξωθήσεως προκύπτει ανάγκη περαιτέρω διερευνήσεως καθότι δεν υφίστανται σαφή όρια κρίσιμης εκτάσεως της μυοκαρδιακής ισχαιμίας.

Στην υβριδική καρδιακή απεικόνιση ενδεχομένως μπορεί να ταξινομηθεί και η αξιοποίηση της συμβατικής CTCA προς ταυτόχρονη μέτρηση της τοπικής κλασματικής εφεδρείας ροής (FFR).

Έχουν ήδη υπάρξει πρόσφατα και αξιόπιστα δεδομένα κλινικής εφαρμογής που προκρίνουν την αξιοποίηση της μεθόδου στο άμεσο μέλλον (μελέτη SYNTAX III).⁴

Έμμεση επίσης υβριδική απεικονιστική παρέμβαση αποτελεί στην περίπτωση αορτικής στενώσεως η αξιοποίηση του καρδιακού CT στην μέτρηση με εξίσωση συνεχείας του ενεργού βαλβιδικού στομίου, με χρησιμοποίηση της διατομής του χώρου εξόδου της αριστερής κοιλίας βάσει του CT και την εν συνέχεια ενσωμάτωση των υπερηχογραφικών ταχυτήτων Doppler.

Ιδιαίτερη σημασία αυτής της συνδυασμένης πρακτικής διαφαίνεται στις περιπτώσεις αορτικής στενώσεως με χαμηλή κλίση πίεσεως, χαμηλής παροχής με διατηρημένο κλάσμα εξωθήσεως.⁵

Τρεχόντως, είναι εφικτή η ταυτόχρονη καταγραφή και υβριδική σύνθεση σε

πραγματικό χρόνο υπερηχοκαρδιογραφικών δεδομένων δισδιάστατων είτε τρισδιάστατων (κατά κανόνα διοισοφαγικά) με τα ακτινοσκοπικά δεδομένα. Εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης έχουν επιταχύνει την αξιοπιστία των προγραμμάτων.

Υπάρχει πλέον υποδομή εμπορικού λογισμικού (συστήματα EchoNav κλπ) προς άμεση εφαρμογή της συνδυασμένης υπερηχοκαρδιογραφικής και ακτινοσκοπικής απεικόνισης κατά την διενέργεια επεμβατικών πράξεων στο αιμοδυναμικό εργαστήριο (σύγκλειση μεσοκολπικής επικοινωνίας, σύγκλειση παραβαλβιδικών ανεπαρκειών, απομόνωση αριστερού ωτίου, διαθερμική τοποθέτηση βαλβίδων. καθώς και παρεμβάσεις στην μιτροειδή είτε τριγλωχίνα βαλβίδα).

Προς το παρόν δεν έχουν επιτευχθεί αξιόπιστα αποτελέσματα στην εφαρμογή της υβριδικής απεικόνισης

υπερηχοκαρδιογραφίας/ακτινοσκόπησης στην ηλεκτροφυσιολογία (κολπικές είτε κοιλιακές καταλύσεις είτε τοποθέτηση αριστερού καλωδίου αμφικοιλιακών βηματοδοτών).

Στη διάγνωση της ενδοκαρδίτιδος, ιδιαίτερα επί προσθετικού υλικού, βάσει των κατευθυντήριων οδηγιών είναι επιβεβλημένη η διενέργεια συνδυασμένου PET/CT ενώ στη βιβλιογραφία υφίσταται και πρόταση με ειδική σήμανση και συνδυασμένο SPECT/CT.^{6,7}

Ενδεχόμενη κλινική χρήση υβριδικής απεικόνισης αποτελεί η μελέτη της αδρενεργικής μυοκαρδιακής νευρώσεως στην καρδιακή ανεπάρκεια (SPECT/PET).

Μάλιστα έχει προταθεί ανάλογη αξιολόγηση και της αυτονόμου νευρώσεως του αριστερού κόλπου.⁸

Πρόσφατα έχει αξιολογηθεί η συνδυασμένη καταγραφή PET/MRI με την βοήθεια τεχνολογικών εξελίξεων που επιτρέπουν με χρήση ειδικού εξοπλισμού (θώρακας ραδιοσυχνότητας που επιτρέπει ταυτόχρονη διενέργεια MRI /PET).

Με βάση πρόσφατη (2018) θέση διεθνών εταιρειών η υβριδική απεικόνιση PET/MRI επισημαίνεται ότι έχει ισχυρή πιθανότητα κλινικής εφαρμογής στην μελέτη μυοκαρδιακής φλεγμονής, στην ισχαιμική καρδιακή ανεπάρκεια και στην εξορθολογισμένη διαχείριση της επαναιματώσεως στη χρόνια στεφανιαία νόσο.⁹

Ειδική σημασία συνδυασμένου PET/MRI υφίσταται επίσης σε περιπτώσεις μυοκαρδίτιδος αλλά και σε συστηματικές νόσους με καρδιακή προσβολή όπως σαρκοείδωση, αμυλοείδωση αλλά και διθητικές νόσους (Anderson- Fabry).¹⁰

Τα παραπάνω επισημαίνουν την ύπαρξη αφενός τρέχουσας εφαρμογής της υβριδικής απεικόνισης και αφετέρου ικανού πεδίου δυναμικών κλινικών εφαρμογών σε πλειάδα σεναρίων και μάλιστα στην χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια.¹¹

Κρίνεται κατά συνέπεια επιβεβλημένη η κριτική κλινική αξιολόγηση των μεθόδων υβριδικής απεικόνισης ώστε να προκριθεί η πλέον συμφέρουσα εφαρμογή με τον ελάχιστο κίνδυνο ακτινοβολίας και βέλτιστη απόδοση κόστους/προγνωστικού και θεραπευτικού αποτελέσματος.

Βιβλιογραφία

1. Gaemperli O, Kaufmann P, Alkadhi H Cardiac hybrid imaging Eur J Nucl Med Mol Imaging (2014) 41 (Suppl1): S91–S103
2. Danad I, Szymonifka J, Twisk J, et al Diagnostic performance of cardiac imaging methods to diagnose ischaemia-causing coronary artery disease when directly compared with fractional flow reserve as a reference standard: a meta-analysis European Heart Journal (2017) 38, 991–998
3. Acampa W, Gaemperli O, Gimelli A, et al. Role of risk stratification by SPECT, PET, and hybrid imaging in guiding management of stable patients with ischaemic heart disease: expert panel of the EANM cardiovascular committee and EACVI. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2015; 16:1289–98.
4. Cavalcante R, Onuma Y, Sotomi Y, et al. Non-invasive Heart Team assessment of multivessel coronary disease with coronary computed tomography angiography based on SYNTAX score II treatment recommendations: design and rationale of the randomised SYNTAX III Revolution trial. EuroIntervention. 2017 Mar 20;12(16):2001-2008.
5. Delgado V, Clavel M, Hahn T, et al How Do We Reconcile Echocardiography, Computed Tomography, and Hybrid Imaging in Assessing Discordant Grading of Aortic Stenosis Severity? J A C C I M A G I N G, vol 1 2, no. 2, Feb 2 0 1 9: 2 6 7 – 8 2
6. Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, et al. 2015 ESC guidelines for the management of infective endocarditis: The task force for the management of infective endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). Eur Heart J 2015; 36:3075-128.
7. Bouter C, Meller B, Sahlmann C, Meller J 99mTc-Besilesomab-SPECT/CT in Infectious Endocarditis: Upgrade of a Forgotten Method? Frontiers in Medicine February 2019 | Volume 6 | Article 40
8. [Stirrup J](#), [Gregg S](#), [Baavour R](#), et al Hybrid solid-state SPECT/CT left atrial innervation imaging for identification of left atrial ganglionated plexi: Technique and validation in patients with atrial fibrillation [J Nucl Cardiol](#). 2019 Jan 29. doi: 10.1007/s12350-018-01535-5.
9. Nensa F Bamberg F Rischpler C et al on behalf of the European Society of Cardiovascular Radiology (ESCR) & the European Association of Nuclear Medicine (EANM) Cardiovascular Committee. Hybrid cardiac imaging using PET/MRI: a joint position statement by the European Society of Cardiovascular Radiology (ESCR) and the European Association of Nuclear Medicine (EANM). Eur Radiol (2018) 28:4086–4101
10. Krumm P, Mangold S, Gatidis S et al Clinical use of cardiac PET/MRI: current state-of-the-art and potential future applications [Jpn J Radiol](#). 2018 May;36(5):313-323

11. Garbi M, Edvardsen T, Bax JJ et al EACVI appropriateness criteria for the use of cardiovascular imaging in heart failure derived from European National Imaging Societies

voting European Heart Journal - Cardiovascular Imaging, Volume 17, Issue 7, July 2016, Pages 711–721

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ: **Γεώργιος Αθανασόπουλος**
Αναπληρωτής Διευθυντής, Καρδιολογικός Τομέας
Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο
e-mail: athan1@otenet.gr