

Titolo articolo / Article title:

Definizione dei territori vascolari in immagini di perfusione miocardica ottenute con tecnologia basata su cadmio-zinco-telluride tramite integrazione di tomografia computerizzata coronarica

Vascular territories definition in myocardial perfusion imaging obtained with cadmium-zinc-telluride technology through integration of coronary computed tomography

Autori / Authors: L. Camoni, R. Rinaldi, G. Raponi

Pagine / Pages: 42-55, N.2, Vol.3 - 2019

Submitted: 26 September 2019 – *Revised:* 29 September 2019 –

Accepted: 6 November 2019 – *Published:* 30 December 2019

Contatto autori / Corresponding author:

Luca CAMONI, camoni.luca5@gmail.com

Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico - scientifico - professionale

Direttore responsabile: Francesco Paolo SELLITTI

Direttore di redazione: Antonio ALEMANNI

Comitato di redazione:

Editors: Antonio ALEMANNI, Mario CORIASCO, Simone URIETTI, Annamaria VERNONE, Sergio RABELLINO, Francesco SCIACCA, Luciana GENNARI, Patrizia GNAGNARELLA, Alessandro PIEDIMONTE, Luca CAMONI.

Journal manager e ICT Admin: Simone URIETTI, Annamaria VERNONE

Book manager: Francesco P. SELLITTI, Mario CORIASCO

Graphic Design Editor Francesco P. SELLITTI, Mario CORIASCO, Sergio RABELLINO

Comitato scientifico:

Prof. Roberto ALBERA	Prof. Federico D'AGATA	Dott. Sergio MODONI
Dott. Massimo BACCEGA	Dott. Patrizio DI DENIA	Dott. Alfredo MUNI
Dott. Alberto BALDO	Dott. Chiara FERRARI	Dott. Grazia Anna NARDELLA
Prof. Nello BALOSSINO	Prof. Diego GARBOSSA	Dott. Salvatore PIAZZA
Prof. Paolo BENNA	Dott. Ramon GIMENEZ	Prof. Lorenzo PRIANO
Prof. Mauro BERGUI	Dott. Luciana GENNARI	Ing. Sergio RABELLINO
Dott. Salvatore BONANNO	Dott. Gianfranco GRIPPI	Dott. Fabio ROCCIA
Prof. Ezio BOTTARELLI	Prof. Caterina GUIOT	Dott. Saverio STANZIALE
Prof. Gianni Boris BRADAC	Prof. Leonardo LOPIANO	Dott. Lorenzo TACCHINI
Dott. Gianfranco BRUSADIN	Prof. Alessandro MAURO	Prof. Silvia TAVAZZI
Dott. Luca CAMONI	Dott. Cristiana MAZZEO	Dott. Ersilia TROIANO
Prof. Alessandro CICOLIN	Prof. Aristide MEROLA	Dott. Irene VERNERO
Dott. Mario Gino CORIASCO	Prof. Daniela MESSINEO	

1	<i>Risonanza magnetica fetale dell'encefalo: tecnica d'indagine e studio della correlazione tra età gestazionale e durata dell'esame</i> <i>Magnetic Resonance Imaging of fetal brain: study technique and correlation between gestional age and the exam duration</i>	M. Bonomi, C. E. Noé
30	<i>Studio dei correlati elettrofisiologici delle diverse condizioni di rilassamento indotte tramite ipnosi</i> <i>Electrophysiological correlates of different relaxation states induced by hypnosis</i>	M. Debenedetti, S. Vighetti, P. Perozzo, E. Nobile, M. T. Molo, P. Cantafio
42	<i>Definizione dei territori vascolari in immagini di perfusione miocardica ottenute con tecnologia basata su cadmio-zinco-telluride tramite integrazione di tomografia computerizzata coronarica</i> <i>Vascular territories definition in myocardial perfusion imaging obtained with cadmium-zinc-telluride technology through integration of coronary computed tomography</i>	L. Camoni, R. Rinaldi, G. Raponi

Definizione dei territori vascolari in immagini di perfusione miocardica ottenute con tecnologia basata su cadmio-zinco-telluride tramite integrazione di tomografia computerizzata coronarica

Vascular territories definition in myocardial perfusion imaging obtained with cadmium-zinc-telluride technology through integration of coronary computed tomography

Camoni Luca¹, Rinaldi Roberto¹, Raponi Gloria²

¹ U.O. Medicina Nucleare, ASST Spedali Civili, Brescia

² U.O. Radiologia, Dolomiti Sportclinic, Ortisei, Bolzano

Contatto autori: Luca CAMONI – camoni.luca5@gmail.com

N. 2, Vol. 3 (2019) – 42:55
Submitted: 26 september 2019
Revised: 29 september 2019
Accepted: 6 november 2019
Published: 30 december 2019



Abstract

Introduzione e scopo

La tecnologia basata sul cadmio-zinco-telluride (CZT), permette di migliorare sia la risoluzione spaziale che l'efficienza di conteggio. Scopo dello studio è valutare se i territori vascolari della arteria discendente anteriore (LAD), arteria circonflessa (LCx) e arteria coronarica destra (RCA), identificati tramite gamma-camera CZT, mantengano la corrispondenza anatomica con il modello a 17 segmenti standard sviluppato dalla American Heart Association (AHA).

Materiali e metodi

Un campione di 2418 scintigrafie miocardiche di perfusione (MPI) eseguite su CZT e di 935 tomografie computerizzate delle coronarie (CCT), eseguite nello stesso periodo, è stato retrospettivamente valutato.

L'assegnazione dei segmenti ai territori delle tre maggiori coronarie è stata effettuata mediante imaging ibrido MPI-CCT e valutata da due operatori esperti in cieco tra loro, creando un modello individualizzato a 17 segmenti.

L'accordo inter-osservatore è stato calcolato tramite K di Choen.

Risultati

680 segmenti sono stati analizzati in 40 pazienti. I due operatori che hanno valutato i segmenti hanno ottenuto un'elevata concordanza (>0.90). Complessivamente il 30% del campione (12/40) ha presentato varianti anatomiche legate ad una delle tre principali coronarie.

Un totale di 76/680 (11,2%) segmenti miocardici sono stati riassegnati ad altri territori vascolari nel modello individualizzato rispetto al modello standard AHA.

I segmenti sono stati così riassegnati: 4 segmenti da LCx a RCA, 21 segmenti da RCA a LCx, 40 segmenti da RCA a LAD e 11 segmenti da LCx alla LAD. I segmenti maggiormente riassegnati (39/76) sono stati i segmenti 9, 10 e 15, appartenenti alla parete inferiore e di spettanza alla RCA, sulla base delle assunzioni del modello AHA.

Conclusioni

L'integrazione dell'imaging di perfusione miocardica MPI-CZT e CCT consente un'accurata assegnazione della distribuzione vascolare.

I risultati ottenuti dimostrano che rispetto al modello AHA il territorio con maggiore estensione è la LAD, mentre RCA e LCx sono i segmenti con la più elevata varianza.

Parole chiave: Immagine ibrida, medicina nucleare, CZT, MPI.

English abstract

Background and aim

The technology based on cadmium-zinc-telluride (CZT) allows to improve both spatial resolution and counting efficiency

The aim of the study is to evaluate whether the coronary arteries, anterior descended artery (LAD), circumflex artery (LCx) and right coronary artery (RCA), identified by CZT gamma-camera, maintain the anatomical correspondence with the standard 17-segment model developed by the American Heart Association (AHA).

Materials e methods

2418 myocardial perfusion scintigraphy (MPI) performed on CZT and 935 computerized coronary computed tomography (CCT), done in the same period, were retrospectively evaluated.

Segment assignment to the territories of the three major coronary arteries was performed by MPI-CCT hybrid imaging and evaluated by two expert in double-blind evaluation, creating an individualized 17-segment model. The interobserver agreement was calculated with Choen's K.

Results

680 segments were analysed in 40 patients. The two operators obtained a high agreement (>0.90). Significant anatomical variants of one of the three main coronaries were found in 12/40 (30%) patients.

Myocardial segments were reassigned in 76/680 (11.2%) cases to develop an individualized 17-segment model. In individualized model, the segments assigned were 4 segments from LCx to RCA, 21 segments from RCA to LCx, 40 segments from RCA to LAD and 11 segments from LCx to LAD. The most variable segments (39/76) were number 9, 10 and 15, belonging to the RCA, considering the assumptions of the AHA model.

Conclusions

The integration of MPI-CZT with CCT allows an accurate assignment of coronaries localization. The results obtained show a greater extension of the LAD territory and a greater variability for RCA and LCx, in comparison to AHA-model.

Key – words: Hybrid imaging, MPI, CZT, nuclear medicine.

INTRODUZIONE

Tutt'oggi le malattie cardiovascolari rappresentano una delle principali cause di morte nella popolazione mondiale, in crescita del 21% tra il 2007 ed il 2017 (1).

L'imaging non invasivo ha dimostrato di avere un ruolo fondamentale nella diagnosi di malattia coronarica (2). Tra questi, l'imaging di perfusione miocardica mediante tomografia computerizzata a emissione di singolo fotone (MPI) ha un ruolo consolidato nella valutazione non invasiva del significato funzionale dell'ostruzione coronarica e fornisce informazioni preziose per la stratificazione del rischio (3).

La presenza di ischemia miocardica indotta da stress, secondaria a significativa stenosi coronarica, ha dimostrato di avere un ruolo cruciale nella selezione di pazienti che potrebbero beneficiare della terapia di rivascolarizzazione, migliorandone così la prognosi (4).

La valutazione standardizzata e l'identificazione dei territori vascolari è stata strutturata da un modello a 17 segmenti del ventricolo sinistro, proposto dalla American Heart Association (AHA), ampiamente utilizzato (5). Questo modello propone un'assegnazione fissa di segmenti ad ognuno dei tre principali territori vascolari: il territorio dell'arteria coronaria discendente (LAD), la circonflessa (LCx) o l'arteria coronaria destra (RCA). Tuttavia, la prevalenza di arterie coronarie anomale (ACA) nella popolazione generale è stimata all'1% (6-8) il che può anche influenzare i confini dei territori vascolari e quindi può variare la corretta identificazione del segmento in casi di anomalie anatomiche. Le ACA sono state associate ad un aumentato rischio di ischemia miocardica e morte cardiaca improvvisa (9-10).

La non corretta assegnazione dei segmenti del miocardio, a causa di una deviazione della vera anatomia coronarica rispetto al modello standard, potrebbe alterare la stratificazione del rischio, l'identificazione del vaso coronarico coinvolto o la posizione della lesione. Al fine di garantire la corretta identificazione, dovrebbe essere perseguita una strategia di mappatura territoriale individuale ove possibile.

La tomografia computerizzata coronarica (CCT) e l'imaging ibrido con MPI rappresentano una possibile soluzione. Le immagini ibride MPI/CCT permettono l'analisi integrata dell'anatomia coronarica e della perfusione del miocardio; la fusione tra l'albero coronarico e le immagini del miocardio facilita l'assegnazione dei difetti di perfusione al corretto vaso malato.

In tempi recenti è stata introdotta una nuova generazione di sistemi di gamma-camere che utilizzano rivelatori a semiconduttore, con tecnologia basata sul cadmio-zinco-telluride (CZT). Questa tecnologia permette di migliorare sia la risoluzione spaziale che l'efficienza di conteggio (11). Rispetto ad una tradizionale Anger gamma la conversione dell'informazione proveniente dal raggio gamma non avviene indirettamente tramite fototubi, bensì tramite un sistema digitale che ne determina l'elevata risoluzione spaziale.

Scopo dello studio è valutare se i territori identificati tramite gamma-camera CZT mantengano la corrispondenza anatomica con il modello AHA.

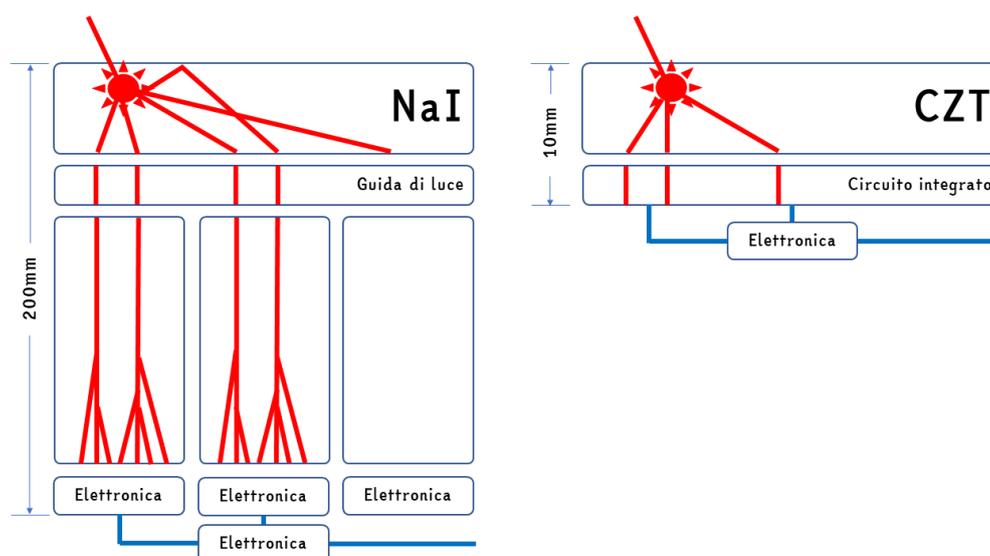


Figura 1: Nella figura la struttura essenziale del sistema con cristallo di ioduro di sodio (NaI) e CZT. A sinistra è rappresentato il metodo indiretto di conversione del segnale tramite Anger Camera, a destra la conversione diretta mediante cristallo CZT. A lato di ciascuno la dimensione del sistema.

MATERIALI E METODI

Popolazione

L'indagine è stata condotta secondo un criterio retrospettivo, nel periodo tra gennaio 2018 e giugno 2019 in un campione di 2418 MPI-CZT e di 935 CCT, senza priorità tra i due ed esclusione temporale, avendo solo scopo anatomico la CCT. Criterio di esclusione era la presenza di artefatti in una delle due metodiche.

Protocollo di acquisizione MPI-CZT

Tutti i pazienti sono stati sottoposti a MPI dopo sforzo ed a riposo mediante gamma-camera Discovery NM / CT 530c CZT (GE Healthcare, Haifa, Israele) in singola giornata. Un'attività di 185-222 MBq di ^{99m}Tc -Tetrofosmin è stata iniettata per l'imaging da stress e un'attività doppia per la fase del cuore in stato di riposo (370-444 MBq), come da protocollo validato (12-13).

Lo stress da sforzo è stato eseguito mediante cicloergometro utilizzando il protocollo Bruce standard. La tetrofosmina Tc-^{99m} è stata iniettata al picco dello stress (frequenza cardiaca massima prevista dell'85%) o quando si sono verificati sintomi o alterazioni ischemiche elettrocardiografiche. Il livello massimo di esercizio raggiunto è stato mantenuto per almeno 90 secondi dopo l'iniezione del tracciante.

I pazienti che non sono stati in grado di eseguire il test fisico da stress sono stati sottoposti a stress farmacologico con infusione endovenosa di dipiridamolo (0,56 mg / kg in 5 minuti) seguita dall'iniezione del radiofarmaco a 7 minuti dall'inizio dell'infusione di dipiridamolo.

Elettrocardiogramma (ECG), frequenza cardiaca e pressione sanguigna sono stati costantemente monitorati durante lo stress test.

L'acquisizione delle immagini nella fase di stress cardiaco è iniziata 15 minuti dopo la somministrazione del radiofarmaco con paziente in posizione supina e le braccia posizionate sopra la testa.

L'iniezione di riposo è stata somministrata almeno 2 ore dopo l'iniezione di stress e le immagini sono state ottenute circa 15-30 minuti dopo.

L'acquisizione delle immagini ha utilizzato una finestra di energia del 10% centrata sul picco di 140 KeV. Gli studi di stress e riposo sono stati acquisiti rispettivamente per 9 minuti e 5 minuti, utilizzando un'acquisizione 16 frame per ciclo con monitoraggio gating con una finestra di accettazione del 20%. Le immagini di stress e riposo sono state ricostruite su una workstation dedicata (Xeleris 3.1 GE Healthcare).

Gli assi standard (asse corto, asse lungo verticale, asse lungo orizzontale) per le immagini da stress e a riposo sono stati ri-orientati utilizzando il software Myovation (GE Healthcare), l'immagine tomografica ricostruita archiviata su Intellispace PACS (Philips Healthcare, Best, Netherlands).

Protocollo di acquisizione CCT

Gli esami CCTA sono stati eseguiti su un tomografo DSCT (Definition FLASH, Siemens Healthcare, Forchheim, Germania). Durante l'acquisizione è stata utilizzata la modulazione automatica della corrente negli assi x, y, z (Care Dose 4D, Siemens Healthcare).

L'acquisizione è stata effettuata con tecnica spirale correlata a prospectively ECG-triggered high-pitch (FLASH Spiral Cardio, Siemens Healthcare, Forchheim, Germania). Sono stati utilizzati i seguenti parametri di scansione: due tubi a raggi X, collimazione del rivelatore 128 × 0,6 mm con doppio campionamento, tempo di rotazione 0,28 secondi e tensione del tubo pari a 100kV solo per i pazienti con peso corporeo inferiore a 80kg altrimenti un valore di 120 kV.

È stato iniettato un bolo di mezzo di contrasto iodato di 50-80 ml seguito da un secondo bolo di soluzione fisiologica di 50 ml con flusso d'iniezione di 5 ml/s.

L'intero volume cardiaco è stato acquisito in circa cinque secondi in senso cranio-caudale con estensione del pacchetto dalla carena fino a livello sottodiaframmatico, paziente supino in apnea inspiratoria e simultaneamente alla registrazione del tracciato ECG.

L'esame si compone da una prima fase di acquisizione senza mezzo di contrasto per calcolare il *calcium score* seguito da una seconda dopo iniezione del mezzo di contrasto per lo studio angiografico delle coronarie.

L'elaborazione delle immagini ibride raccolte retrospettivamente è stata eseguita mediante software Comprehensive Cardiac, IntelliSpace Portal 9.0 (Philips Healthcare, Best, The Netherlands) (Fig.2)

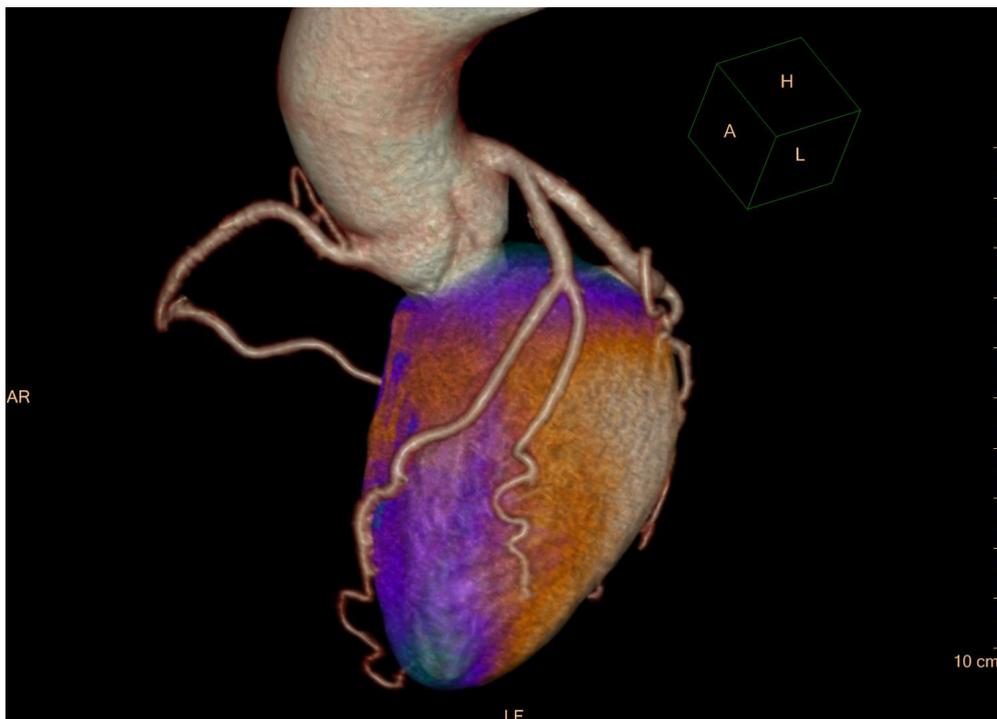


Figura 2: Esempio di elaborazione finale tramite IntelliSpace Portal-Comprehensive Cardiac: visualizzazione della reale anatomia dei vasi coronarici e della perfusione a livello del ventricolo sinistro.

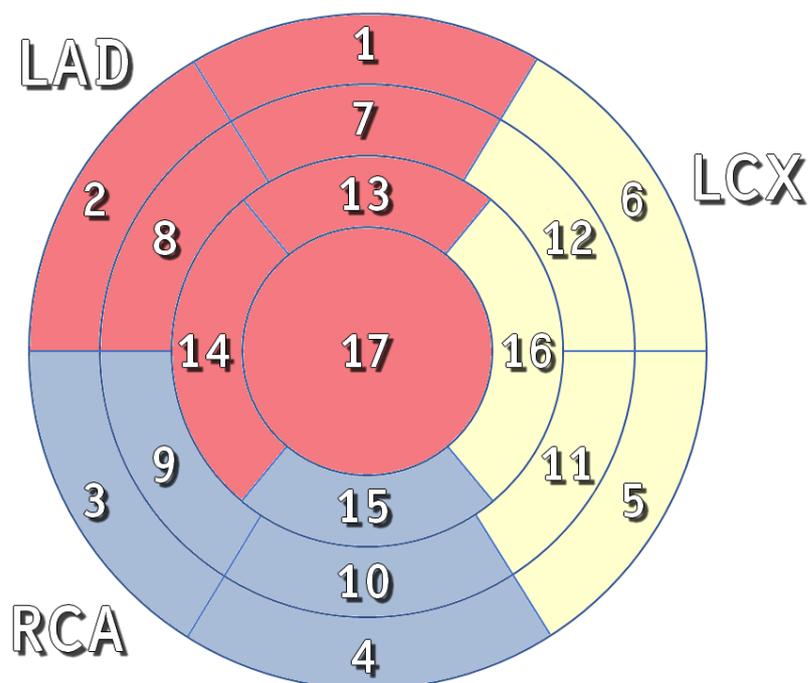


Figura 3: Esempio di mappa polare, con la suddivisione nei 17 segmenti, Arteria discendente anteriore (LAD), Arteria circonflessa (LCx), Arteria coronarica destra (RCA)

Analisi del modello a 17 segmenti (AHA)

Sulla base del modello AHA (5) i singoli segmenti possono essere assegnati a specifici territori coronarici come segue (fig.3):

- - Arteria discendente anteriore (LAD): segmenti 1, 2, 7, 8, 13, 14, 17;
- - Arteria circonflessa (LCx): 5, 6, 11, 12, 16;
- - Arteria coronarica destra (RCA): 3, 4, 9, 10, 15.

L'assegnazione dei segmenti è stata rivalutata alla luce dell'imaging ibrido e della visualizzazione assiale del ventricolo sinistro, analizzando il decorso dell'albero coronarico nei settori del modello AHA, come descritto in un metodo precedentemente validato di lettura della sovrapposizione dell'immagine emissiva di medicina nucleare con la CCT ed il modello AHA (14). Questo compito è stato svolto da due operatori esperti in cieco tra loro. I due operatori al termine dell'assegnazione in cieco hanno rivalutato i segmenti raggiungendo un accordo per la assegnazione definitiva del segmento al determinato vaso.

Analisi statistica

I risultati sono riportati come media e deviazione standard. L'analisi statistica è stata eseguita con il software MedCalc 9.1. L'accordo interosservatore per l'analisi dell'albero coronarico e l'assegnazione di segmenti miocardici a territori vascolari è stato calcolato mediante K di Choen.

RISULTATI

Dal campione studiato, 2418 MPI e 935 CCT, sono stati individuati 40 pazienti che hanno effettuato entrambe le metodiche di imaging, prive di artefatti (27 uomini, 13 donne; età media: 65 ± 10 anni, range 52-86).

L'analisi preliminare della morfologia coronarica ha dimostrato il classico modello della dominanza di destra nel 87,5% dei casi (35/40) ed una variante anatomica significativa nel 12,5% del campione (5/40), di questi una dominanza sinistra è stata riscontrata nel 7,5% dei casi (3/40) ed una codominanza è risultata nel restante 5% (2/40) (fig. 4).

Il 20% del campione caratterizzato da dominanza destra (7/35) ha mostrato anomalie anatomiche quali: 3 pazienti presentano una LAD che decorre fino a raggiungere la parete inferiore del ventricolo sinistro, andando a rifornire territori normalmente perfusi dalla RCA; 4 pazienti presentano un ramo intermedio che prende origine dalla LAD ed irrori territori generalmente perfusi dalla LCx.

Complessivamente, il 30% del campione (12/40) ha presentato varianti anatomiche legate ad una delle tre principali coronarie.

Secondo il modello AHA standard, il numero di segmenti miocardici nel territorio vascolare di LAD, LCx e RCA nel presente campione è 280 (7 × 40), 200 (5 × 40) e 200 (5 × 40), complessivamente 680 segmenti.

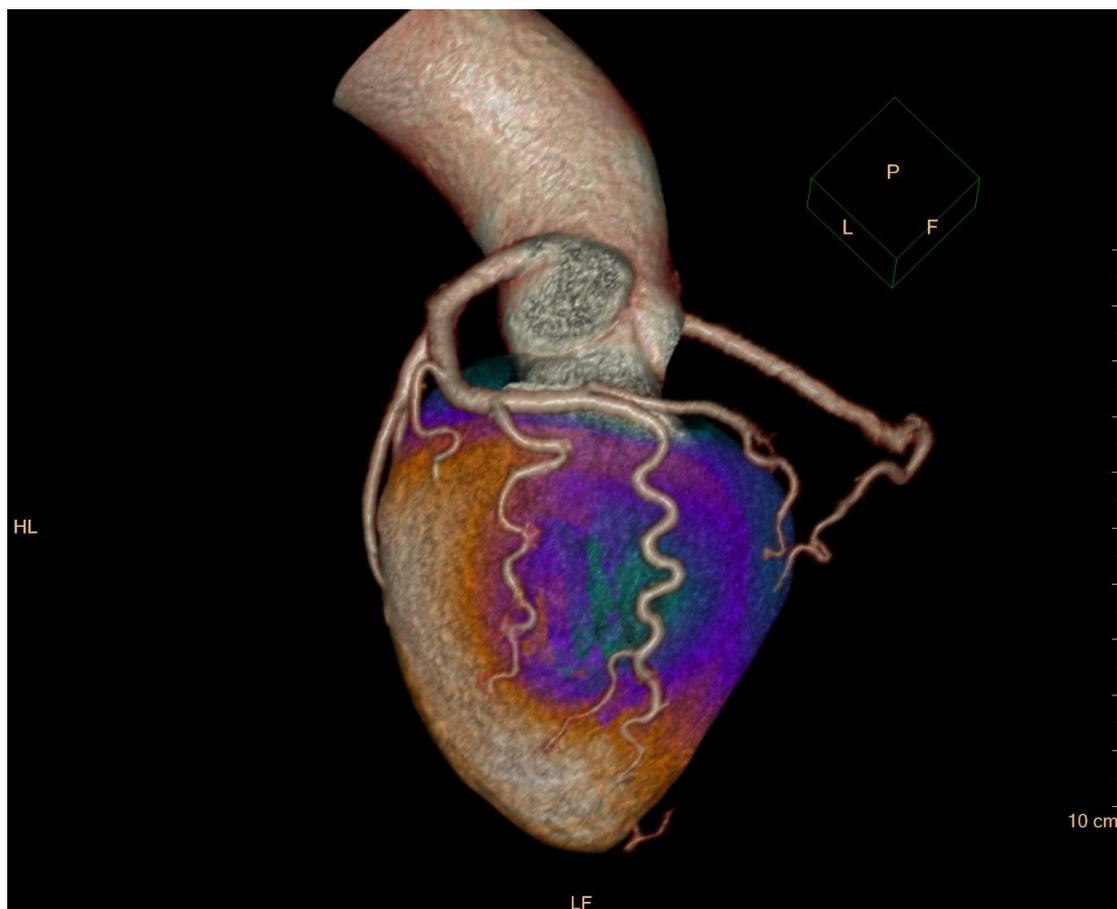


Figura 4: Esempio di codominanza valutato mediante Imaging ibrido

L'assegnazione in cieco dei 17 segmenti ha visto un'elevata concordanza tra i due operatori per i tre territori vascolari (K: 0.91, 0.94, 0.93, rispettivamente per LAD, RCA, LCX).

Al termine dell'assegnazione individuale i due operatori hanno concordato l'assegnazione dei segmenti dubbi ed un totale di 76/680 (11,2%) segmenti miocardici sono stati riassegnati ad altri territori vascolari rispetto a quelli del modello AHA standard.

I segmenti sono stati così riassegnati: 4 segmenti da LCx a RCA, 21 segmenti da RCA segmenti a LCx, 40 segmenti da RCA a LAD e 11 segmenti da LCx alla LAD. (fig. 5).

Se in origine i segmenti per LAD, LCx ed RCA corrispondevano rispettivamente a 280, 200 e 200, al termine della riassegnazione questi erano così composti: 331, 147 e 191.

I 4 segmenti della LCx riassegnati alla RCA sono derivati dalla codominanza in 2 casi, in entrambi i casi per i segmenti 5 ed 11.

I segmenti maggiormente riassegnati (39/76) sono stati i segmenti 9, 10 e 15, appartenenti alla parete inferiore e di spettanza alla RCA sulla base del modello AHA.

Questa variabilità nel campione in esame era principalmente dovuta a di dominanza sinistra o di LAD di grosso calibro.

DISCUSSIONE

Dallo studio nel campione in esame è emersa una corrispondenza solo parziale tra il modello AHA e la reale anatomia coronarica. L'informazione funzionale di perfusione ottenuta dalla CZT-MPI può ottenere un beneficio dall'analisi dell'imaging ibrido.

L'elevata concordanza tra gli operatori che hanno effettuato la riassegnazione dei territori conferma la riproducibilità del metodo di analisi dell'imaging ibrido sviluppato da Javadi et al. (14) ed utilizzata nel presente studio.

I risultati ottenuti dimostrano che rispetto al modello AHA il territorio con maggiore estensione è la LAD mentre RCA e LCx sono i segmenti dalla più grande variabilità.

Lo studio di Ortíz-Pérez et Al (15) ha confrontato il ritardo dell'iperenhancement segmentale in risonanza con l'angiografia invasiva in 93 pazienti, dopo infarto miocardico.

Il gruppo ha dimostrato una discordanza tra i segmenti iperintensivi ed il modello standard AHA, risultando più rilevante nei territori della RCA e della LCX.

Javadi et al (14) in un campione di 71 pazienti sottoposti a PET/CT, ha mostrato differenze rispetto all'assegnazione standard in almeno 1 segmento miocardico; 112 di 1.207 segmenti sono stati riassegnati a territori vascolari non corrispondenti al modello AHA.

Lo studio ha evidenziato come LCX e RCA abbiano frequentemente delle anomalie rispetto allo standard (30-39% dei casi) e la LAD sia soggetta a riassegnazione rare (11-12%).

Pereztoł-Vades et al (16) hanno studiato 50 pazienti in programma per intervento percutaneo, iniettando Tc99m-Sestamibi durante l'inflazione del palloncino.

Il confronto successivo dei difetti sulle immagini SPECT con l'assegnazione segmentale standard del modello AHA ha mostrato che solo 9 dei 17 segmenti potrebbero essere assegnati all'unanimità ad un'unica arteria coronaria in tutti i pazienti.

Otto di questi erano segmenti del territorio della LAD, uno solo era della LCX. Tutti gli altri segmenti hanno mostrato una vasta varietà di rifornimento vascolare, confermando ancora una volta le differenze per RCA e LCX.

Lo studio di Donato P. et al (17) ha portato un contributo con un campione ex vivo di sei cuori di pazienti senza segni di infarto.

Nello studio si è verificato che la LAD era responsabile dell'apporto di sangue al miocardio in 11 segmenti, rispetto ai 7 del modello AHA, in particolare tutti i segmenti apicali.

Nessun segmento specifico può essere attribuito esclusivamente a RCA o LCx; la LCx è risultata importante per la parete infero-anteriore, la RCA per i segmenti infero-settali, con sovrapposizione tra i territori LAD e RCA nella suddetta regione e tra i territori LAD e LCx nella regione antero-laterale.

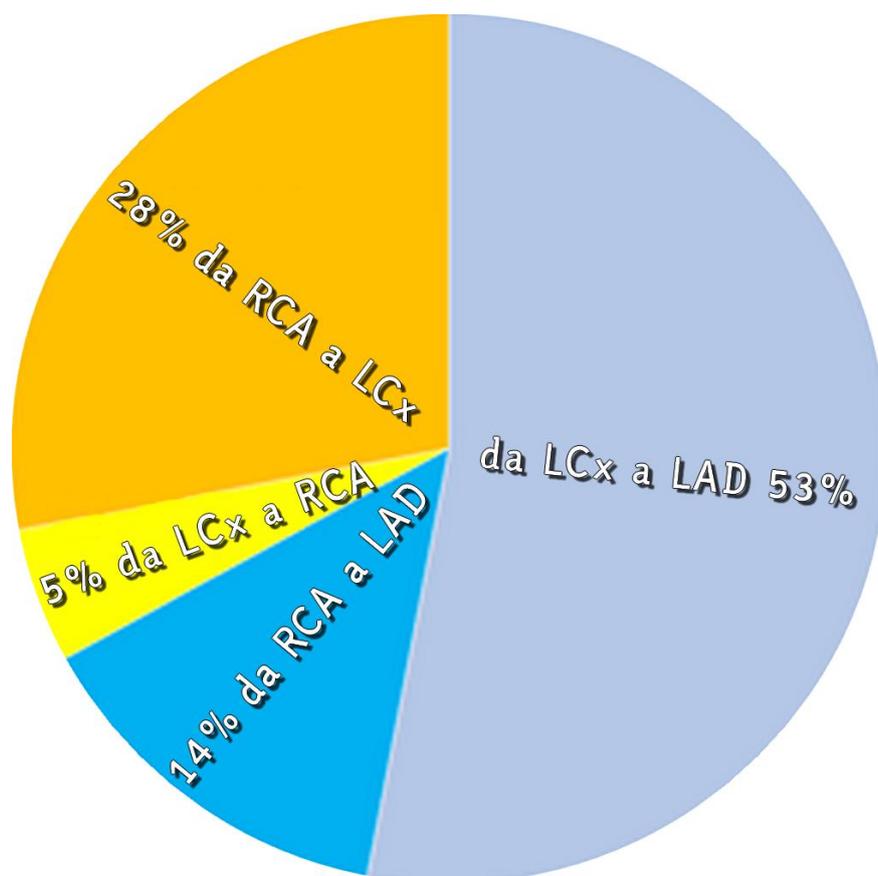


Fig. 5. Grafico rappresentante la percentuale di riassegnazione dei segmenti da un territorio coronarico ad uno differente.

L'assegnazione individuale dei segmenti miocardici ai territori vascolari non è ancora una funzione implementabile nei software, ma i risultati suggeriscono che questo tipo di implementazione potrebbe essere utile.

Bisogna tuttavia sottolineare alcune limitazioni potenziali dell'assegnazione dei territori vascolari basata sulla CCT: i pattern di flusso in caso di vasi occlusi o in presenza di rami collaterali potrebbero non combaciare con l'angiogramma.

Nei pazienti con patologia avanzata, la situazione potrebbe essere ancora più complessa.

Secondariamente, una malattia diffusa, un'occlusione e/o un rifornimento importante derivante da vasi competitori come per esempio un ramo diagonale della LAD ed i rami marginali della LCX a livello della parete laterale, possono complicare l'assegnazione individuale dei vasi e ridurre l'accuratezza. Inoltre, la presenza di placche calcifiche potrebbe consentire la ricerca dei vasi, anche nel caso di poca opacizzazione del mezzo di contrasto.

Un'ultima osservazione inerente questo studio deve riguardare i numeri inizialmente inclusi: 2418 MPI e 935 CCT, dell'intero campione solo 40 pazienti hanno effettuato entrambe le metodiche di imaging.

Il campione porta invece alla luce un'importante informazione supplementare, infatti di questi pazienti il 30% presentava una o più ACA, contro il 1% della popolazione (6-8).

Questo dato rappresenta un interessante fatto da tenere in considerazione nell'ambito dell'elaborazione delle immagini in medicina nucleare: qualora un paziente abbia effettuato in precedenza una CCT, diviene consigliabile procedere alla fusione con l'imaging funzionale medico-nucleare alla luce dell'elevata probabilità di un'anomalia coronarica ed identificare il corretto vaso collegato al danno funzionale visualizzato nel MPI.

Ulteriori studi dovrebbero essere effettuati per verificare il significato clinico del dato sopra descritto.

A tal riguardo De Luca et al (18) hanno rilevato ischemia in pazienti con ACA con SPECT-MPI in 4 su 5 pazienti e Uebleis et al (19) in 5 di 17 pazienti.

In uno studio di Grani e al (20) usando l'ibrido coronarico CTA / SPECT-MPI in un campione di 46 pazienti, è stato dimostrato che nei pazienti di mezza età o anziani, l'ischemia è principalmente causata dal CAD concomitante piuttosto che dall'anomalia coronarica stessa.

Inoltre, Grani e al (21) mediante l'uso dell'ibrido coronarico CCT / PET-MPI hanno dimostrato che anche in assenza di difetti localizzati di perfusione, la riserva di flusso coronarico è compromessa nei territori forniti da ACA.

Pertanto nel caso di ACA parrebbe significativo valutare l'utilizzo di studi di flusso, non solo con sistemi già diffusi come la PET ma anche tramite le recenti tecniche basate su CZT-MPI (22-24).

CONCLUSIONE

L'integrazione dell'imaging di perfusione miocardica MPI-CZT e CCT consente una accurata assegnazione della distribuzione vascolare. L'anatomia definita tramite CCT dovrebbe rappresentare lo strumento per la localizzazione dei difetti di perfusione quando fosse disponibile, piuttosto che le assunzioni generali del modello AHA.

Identificare i vasi lesionati tramite questa metodica permetterebbe di migliorarne la localizzazione, diagnosi e prognosi grazie ad una terapia mirata, velocizzando anche la ricerca del vaso malato in sede di coronarografia.

Per tali motivi, qualora fossero presenti dati grezzi da indagini precedenti sia su PACS che da disco (portato dal paziente), il tecnico di radiologia potrebbe procedere alla ricostruzione dell'imaging ibrido, come supporto all'imaging finale dell'indagine diagnostica.

Riferimenti bibliografici

- [1] Roth GA, Abate D, Abate KH et al. Global, regional and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 2018;392:1736-88
- [2] Adamson PD, Newby DE. Non-invasive imaging of the coronary arteries. *Eur Heart J.* 2019; 40(29):2444-54.
- [3] Hachamovitch R, Hayes S, Friedman J et al. Determinants of risk and its temporal variation in patients with normal stress myocardial perfusion scans: what is the warranty period of a normal scan? *J Am Coll Cardiol*, 2003;41:1329-40
- [4] Hachamovitch R, Rozanski A, Hayes SW, et al. Predicting therapeutic benefit from myocardial revascularization procedures: Are measurements of both resting left ventricular ejection fraction and stress-induced myocardial ischemia necessary? *J Nucl Cardiol.* 2006;13:768-78
- [5] Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation.* 2002; 105:539-542.
- [6] Angelini P, Flamm SD. Newer concepts for imaging anomalous aortic origin of the coronary arteries in adults. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; 69:942-54.
- [7] Perez-Pomares JM, de la Pompa JL, Franco D, et al. Congenital coronary artery anomalies: a bridge from embryology to anatomy and pathophysiology. A position statement of the development, anatomy, and pathology ESC Working Group. *Cardiovasc Res* 2016; 109:204-16.
- [8] Davis JA, Cecchin F, Jones TK, et al. Major coronary artery anomalies in a pediatric population: incidence and clinical importance. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37:593-7.
- [9] Angelini P. Coronary artery anomalies: an entity in search of an identity. *Circulation* 2007; 115:1296-305.
- [10] Basso C, Maron BJ, Corrado D, et al. Clinical profile of congenital coronary artery anomalies with origin from the wrong aortic sinus leading to sudden death in young competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35:1493-501.
- [11] Agostini D, Marie PY, Ben-Haim S et al. Performance of cardiac cadmium-zinc-telluride gamma camera imaging in coronary artery disease: a review from the cardiovascular committee of the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur J Nucl Med Mol Imaging* (2016) 43: 2423.
- [12] Gimelli A, Bottai M, Giorgetti A et al. Comparison between ultrafast and standard single-photon emission CT in patients with coronary artery disease: A pilot study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011; 4:51-8.
- [13] Gimelli A, Bottai M, Genovesi D et al. High diagnostic accuracy of low-dose gated-SPECT with solid-state ultrafast detectors: preliminary clinical results. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39:83-90.
- [14] Javadi MS, Lautamaki R, Merrill J et al. Definition of vascular territories on myocardial perfusion images by integration with true coronary anatomy: a hybrid PET/CT analysis. *J Nucl Med* 2010; 51:198-203.
- [15] Ortiz-Perez JT, Rodriguez J, Meyers SN et al. Correspondence between the 17-segment model and coronary arterial anatomy using contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2008; 1:282-293.
- [16] Pereztol-Valdes O, Candell-Riera J, Santana-Boado C et al. Correspondence between left ventricular 17 myocardial segments and coronary arteries. *Eur Heart J* 2005; 26:2637-43.

- [17] Donato P, Coelho P, Santos C et al. Correspondence between left ventricular 17 myocardial segments and coronary anatomy obtained by multi-detector computed tomography: an ex vivo contribution. *Surg Radiol Anat.* 2012 Nov; 34(9):805-10.
- [18] De Luca L, Bovenzi F, Rubini D et al. Stress-rest myocardial perfusion SPECT for functional assessment of coronary arteries with anomalous origin or course. *J Nucl Med* 2004; 45:532-6.
- [19] Uebleis C, Groebner M, von Ziegler F et al. Combined anatomical and functional imaging using coronary CT angiography and myocardial perfusion SPECT in symptomatic adults with abnormal origin of a coronary artery. *Int J Cardiovasc Imaging* 2012; 28:1763-74.
- [20] Grani C, Benz DC, Schmieid C et al. Hybrid CCTA/SPECT myocardial perfusion imaging findings in patients with anomalous origin of coronary arteries from the opposite sinus and suspected concomitant coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 2017; 24:226-34.
- [21] Grani C, Benz DC, Possner M, et al. Fusedcardiac hybrid imaging with coronary computed tomography angiography and positron emission tomography in patients with complex coronary artery anomalies. *Congenit Heart Dis* 2017; 12:49-57.
- [22] Miyagawa M, Nishiyama Y, Uetani T et al. Estimation of myocardial flow reserve utilizing an ultrafast cardiac SPECT: Comparison with coronary angiography, fractional flow reserve, and the SYNTAX score. *Int J Cardiol.* 2017; 244:347-53.
- [23] Nkoulou R, Fuchs TA, Pazhenkottil AP et al. Absolute Myocardial BloodFlow and Flow Reserve Assessed by Gated SPECT with Cadmium-Zinc-Telluride Detectors Using 99mTc-Tetrofosmin: Head-to-Head Comparison with 13N-Ammonia PET. *J NuclMed.* 2016;57(12):1887-92
- [24] Agostini D, Roule V, Nganoa C et al. First validation of myocardial flow reserve assessed by dynamic (99m) Tc-sestamibi CZT-SPECT camera: head to head comparison with (15)O-water PET and fractional flow reserve in patients with suspected coronary artery disease. The WATERDAY study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2018; 45(7):1079-90.
- [25] Zavadovsky KV, Mochula AV, Boshchenko AA, et al. Absolute myocardial blood flows derived by dynamic CZT scan vs invasive fractional flow reserve: Correlation and accuracy. *J Nucl Cardiol.* 2019 Mar 7. doi: 10.1007/s12350-019-01678-z.