

Matricola 0001098241

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE

Corso di laurea in
Tecniche di Radiologia Medica, per Immagini e Radioterapia

Tesi di laurea in
Metodologia della ricerca e EBP

IL RUOLO DEL TSRM NELLA DIAGNOSI E TRATTAMENTO
DELLA PATOLOGIA CORONARICA

RELATORE

Prof. Stefano Neri

PRESENTATA DA

Alice Zanotti

CORRELATRICE

Dott.ssa Elena Michieletti

SESSIONE I

ANNO ACCADEMICO 2024/2025

Abstract

La coronaropatia è una condizione complessa che, per la sua natura progressiva e il rischio di eventi acuti, richiede un'attenzione particolare sia in fase diagnostica che terapeutica. La diagnosi precoce e il trattamento tempestivo sono fondamentali per contenere l'evoluzione della malattia e ridurre le complicanze, mentre la prevenzione primaria e secondaria, basata sulla correzione degli stili di vita e sul controllo dei principali fattori di rischio, costituisce un elemento imprescindibile nella sua gestione.

L'obiettivo di questa tesi è analizzare le metodiche di diagnostica per immagini e le procedure interventistiche applicate allo studio dei pazienti con sospetta o accertata coronaropatia, mettendo in particolare evidenza il ruolo del Tecnico Sanitario di Radiologia Medica (TSRM).

Sono state approfondite coronaro-TC, cardio-RM e scintigrafia miocardica, metodiche non invasive che consentono una valutazione accurata dell'anatomia e della funzione cardiaca, e la coronarografia, che rimane l'esame di riferimento per specificità e completezza. Per ciascuna tecnica sono state descritte procedure, vantaggi e limiti, insieme alle responsabilità del TSRM in termini di gestione delle apparecchiature, radioprotezione, corretta esecuzione degli esami e qualità delle immagini.

Sommario

Prefazione.....	5
Introduzione	6
Capitolo 1: La patologia coronarica - aspetti anatomici e clinici.....	7
1.1 Anatomia cardiaca	7
1.2 Anatomia coronarica.....	11
1.3 Fisiologia cardiaca	12
1.4 Fisiologia coronarica.....	16
1.5 Fisiopatologia della coronaropatia.....	17
1.6 Sintomatologia e presentazioni cliniche	21
Capitolo 2: Il TSRM nella diagnostica per immagini della patologia coronarica	23
2.1 Coronaro-TC.....	23
2.2 Cardio-RM.....	29
2.3 Scintigrafia miocardica	34
Capitolo 3: Il TSRM in emodinamica - Ruolo interventistico e tecnologie avanzate	38
3.1 Sala di emodinamica	38
3.2 Coronarografia.....	41
3.3 Procedura d'esame.....	43
3.4 Coronarografia in presenza di by-pass venosi e arteriosi	46
3.4.1 <i>Angiografia dei bypass venosi</i>	46
3.4.2 <i>Angiografia dei bypass arteriosi</i>	47
3.5 Angioplastica	48
3.6 Tecnologie avanzate	49
3.7 Ruolo del Tecnico Sanitario di Radiologia Medica e proiezioni angiografiche.....	54
Conclusioni	60
Bibliografia	62
Sitografia	62

Prefazione

La stesura di questa tesi nasce da un'esperienza personale che ha profondamente segnato la mia vita e che mi ha spinto a intraprendere un percorso di studio mirato a comprendere meglio la patologia cardiaca, con particolare attenzione agli aspetti emodinamici. Ho vissuto da vicino il lungo e complesso iter clinico di un mio familiare, seguendolo passo dopo passo: dalla comparsa dei primi sintomi alla diagnosi, dall'intervento chirurgico alle complicanze, fino alla completa guarigione.

Questa esperienza mi ha permesso di osservare direttamente quanto sia importante la tempestività nella diagnosi e la corretta gestione del paziente, ma anche quanto sia fondamentale il ruolo del tecnico sanitario di radiologia medica nel percorso assistenziale. La possibilità di fornire un supporto essenziale attraverso indagini diagnostiche accurate, che guidano le scelte terapeutiche e contribuiscono alla prevenzione delle recidive, è stata per me un aspetto rivelatore e motivante.

Ho scelto questo argomento non solo perché mi tocca da vicino, ma anche con l'intento di sensibilizzare chiunque possa essere a rischio. Conoscere, prevenire e monitorare sono passi fondamentali per evitare esami invasivi e trattamenti debilitanti, promuovendo invece uno stile di vita sano e consapevole.

Spero che questo lavoro possa rappresentare non solo un approfondimento scientifico, ma anche un incoraggiamento per tutti coloro che affrontano un percorso simile: un invito a non sottovalutare i segnali del proprio corpo e a riconoscere l'importanza di un approccio multidisciplinare, in cui la figura del tecnico sanitario di radiologia medica assume un ruolo centrale nella gestione del paziente cardiopatico.

Introduzione

La patologia coronarica rappresenta tutt'oggi una delle principali cause di mortalità nei Paesi Occidentali. I cambiamenti legati all'urbanizzazione e agli stili di vita moderni hanno favorito l'insorgenza e la progressione di lesioni endoluminali, talvolta responsabili di eventi acuti e potenzialmente fatali. Si tratta di una condizione spesso riconoscibile attraverso la sintomatologia, ma che può essere in larga misura prevenuta grazie all'adozione di abitudini salutari e di comportamenti attivi. La prevenzione non solo riduce il rischio di complicanze, ma consente anche di alleviare il carico psicofisico che la malattia comporta, sia per il paziente sia per i familiari.

Negli ultimi anni si sono compiuti notevoli progressi nei trattamenti e nei percorsi diagnostici in ambito cardiologico, grazie al contributo delle moderne metodiche di diagnostica per immagini. Strumenti come l'eco-color-doppler, la TC (Tomografia computerizzata), la risonanza magnetica e la scintigrafia consentono oggi di ottenere informazioni fondamentali per una valutazione accurata del cuore e del sistema vascolare. In tutti questi ambiti, la figura del tecnico sanitario di radiologia medica svolge un ruolo essenziale, garantendo la corretta esecuzione degli esami e la qualità delle immagini necessarie alla formulazione diagnostica.

Tra le diverse metodiche, la coronarografia rappresenta attualmente l'esame gold standard per lo studio delle patologie coronariche. Essa viene eseguita in sala di emodinamica da un'équipe multidisciplinare altamente specializzata, nella quale ogni professionista contribuisce in modo determinante al successo diagnostico e terapeutico. Anche in questo contesto, il tecnico sanitario di radiologia medica assume un ruolo di primaria importanza, sia nella gestione e ottimizzazione delle apparecchiature di imaging, sia nell'acquisizione e nell'elaborazione delle immagini intra- e post-procedurali, garantendo così la qualità e l'affidabilità dei dati su cui si fonda l'intero percorso clinico del paziente.

Il TSRM (Tecnico Sanitario di Radiologia Medica) in sala emodinamica è riconosciuto sia come operatore sanitario autonomo, dotato di competenze specifiche, sia come elemento imprescindibile dell'équipe multidisciplinare, con cui collabora in maniera sinergica.

Capitolo 1: La patologia coronarica - aspetti anatomici e clinici

1.1 Anatomia cardiaca

Il cuore è un organo muscolare situato all'interno del torace, a livello mediastinico e tra i due polmoni. Il mediastino contiene anche i grandi vasi, timo, esofago e trachea. Si affaccia direttamente sullo sterno a livello anteriore.

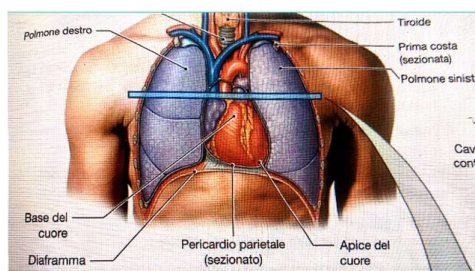


Fig.1.1. Martini, Tallitsch, Nath, Anatomia Umana, VII Edizione, ediSES Edizioni, 2010

Il cuore è avvolto nella cavità pericardica. Il pericardio si divide in pericardio esterno fibroso e pericardio interno sieroso. Il primo è composto da una densa rete di fibre di collagene al fine di stabilizzare la posizione sia del cuore sia dei grandi vasi. Il secondo, invece, si divide, a sua volta, in strato parietale esterno e strato viscerale interno o epicardio. Lo spazio compreso fra i due pericardi sierosi è denominato cavità pericardica. Quest'ultima contiene il liquido pericardico secreto dalle medesime membrane. Tale liquido ha funzionalità di lubrificare e ridurre l'attrito tra le varie superfici durante la contrazione.

L'epicardio è composto da un mesotelio e uno strato di supporto. Ancora più internamente all'epicardio, vi è il miocardio. Esso è il tessuto muscolare cardiaco che forma atri e ventricoli. Infine, l'endocardio è lo strato più interno del cuore e ne ricopre anche le valvole. Si tratta di un epitelio pavimentoso semplice che è anche in continuità con l'endotelio dei vasi.

Microscopicamente, si compone di cellule muscolari cardiache, tessuti connettivi, vasi sanguigni e nervi. Gli atri sono a spessore più sottile rispetto i ventricoli e circondano gli sbocchi dei grandi vasi. Il miocardio ventricolare è più spesso, per far fronte alla

potenza di contrazione. Gli strati muscolari ventricolari più esterni circondano le pareti, mentre gli strati muscolari ventricolari più profondi sono disposti a spirale fra le singole cavità.

Il muscolo cardiaco è striato involontario. L'apporto vascolare è molto superiore al cuore rispetto ogni altro organo o tessuto, la cui contrazione è indipendente da tutto il sistema nervoso. Infatti, vi sono le cellule pacemaker adibite al ruolo di mantenere la contrattilità in maniera costante. Il sistema nervoso ne può regolare la frequenza, ma non l'impulso. I dischi intercalari sono le giunzioni fra i vari cardiomiociti. Essi fungono da percorso di contrazione per le cellule affinché progredisca in modo coordinato per tutto il tessuto.

Lo scheletro cardiaco è il tessuto connettivo di sostegno per il cuore. Esso lo sostiene e lo rinforza e distribuisce le contrazioni su tutto il muscolo, isola i cardiomiociti degli atri da quelli dei ventricoli e conferisce elasticità. È costituito da fibre elastiche reticolari e di collagene. Avvolge ogni miocardiocita, mentre le cellule adiacenti sono isolate da legami crociati fibrosi. D'altra parte, il tessuto connettivo denso circonda le origini del tronco polmonare e dell'aorta, costituisce le basi d'impianto delle valvole, collega gli anelli fibrosi delle aperture delle valvole cardiache e si estende fino i confini fra atri e ventricoli. Le sue funzioni principali sono: stabilizzare la posizione di valvole, miocardiociti, vasi e nervi, distribuire le forze di contrazione, fornire sufficiente elasticità al cuore per ogni contrazione, isolare fisicamente ed elettricamente le fibre muscolari atriali da quelle ventricolari.

Il cuore ha dimensioni del nostro pugno. Si divide in quattro cavità: atrio destro, atrio sinistro, ventricolo destro e ventricolo sinistro. L'atrio sinistro si differenzia dall'atrio destro per la forma cubica. La loro contrazione permette il passaggio del sangue dal cuore ai vasi principali fino a quelli più periferici affinché raggiungano ogni tipologia di tessuto. È leggermente ruotato verso sinistra rispetto la linea mediana sagittale. In questo modo atrio e ventricolo destro sono più anteriori rispetto la parte sinistra del cuore. La parte destra è più inferiore rispetto la parte sinistra e l'impronta cardiaca sinistra sul polmone sinistro è più ampia rispetto l'impronta cardiaca lasciata sul polmone destro. La base cardiaca corrisponde alla porzione più ampia dove emergono i grossi vasi, sulla base dei due atri. L'apice, invece, corrisponde alla parte inferiore del cuore e coincide più col ventricolo sinistro. Il margine destro è formato dall'atrio

destro, mentre il margine sinistro è costituito dal ventricolo sinistro. La parete anteriore si interfaccia con lo sterno, ed è costituita maggiormente dai due ventricoli. La parete posteriore corrisponde più alla base cardiaca. La parete diaframmatica corrisponde alla porzione fra base e apice ed è costituita dalle superfici posteriori e inferiori dei ventricoli destro e sinistro.

Esternamente le cavità sono divise da solchi. Il solco interatriale separa i due atri. Il solco coronarico divide il rispettivo atrio dal rispettivo ventricolo. I solchi interventricolari anteriore e posteriore dividono i due ventricoli. I vari solchi sono formati dall'epicardio contenente una abbondante quota di cellule adipose. Al di sotto dei solchi intercorrono le vene coronariche.

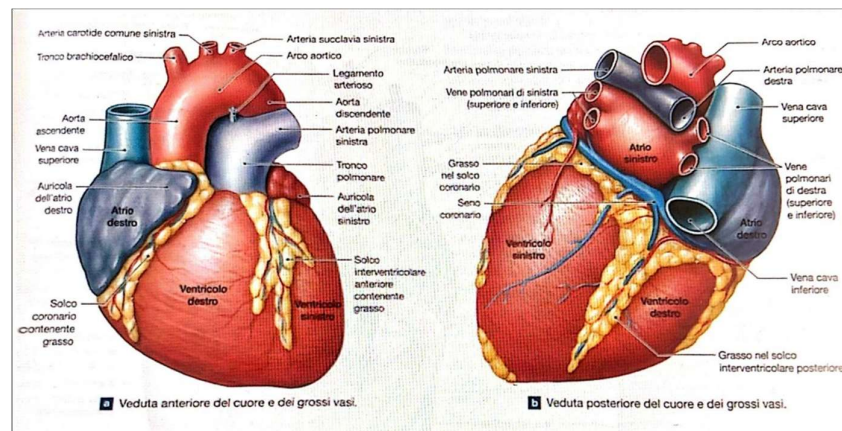


Fig.1.2. Martini, Tallitsch, Nath, Anatomia Umana, VII Edizione, ediSES Edizioni, 2010

In base alla loro funzione, le pareti atriali presentano differenze strutturali rispetto le pareti ventricolari. Innanzitutto, le pareti atriali presentano una parete più sottile. I due atri ricevono sangue per pomparlo all'interno dei ventricoli, i quali lo pompano, a loro volta, nei grossi vasi, nelle due principali circolazioni. Internamente la muscolatura del ventricolo destro presenta irregolarità muscolari, denominate trabecole carnee. Per garantire una direzione unica al sangue mentre passa le cavità e i vasi vi sono quattro diverse valvole che impediscono il reflusso sanguigno. Le valvole sono inflessioni dell'endocardio che si inseriscono negli orifizi fra atrio e ventricolo corrispondente. La valvola atrioventricolare di destra è anche denominata valvola tricuspidale poiché è formata da tre lembi. Le valvole cardiache si aprono e si chiudono grazie alle variazioni pressorie. Ciascuna valvola atrioventricolare presenta un anello

di tessuto connettivo che ha il compito di interrompere la comunicazione fra le varie camere cardiache. A impedire il reflusso sanguigno è la stabilità data dalle corde tendinee e dai muscoli papillari. Le uniche valvole a non presentare le corde tendinee sono la valvola semilunare polmonare e la valvola aortica.

Le cuspidi sono attaccate al muscolo cardiaco tramite le corde tendinee che originano dai muscoli papillari sulla superficie interna. Le corde tendinee limitano il movimento delle cuspidi quando la valvola si chiude, prevenendo così il reflusso. La porzione superiore del ventricolo destro possiede una tasca coniforme a pareti lisce, il cono arterioso, che termina nella valvola semilunare polmonare, formata da tre spessi lembi. Grazie a questa valvola, il sangue passa dal ventricolo destro al circolo polmonare e previene il reflusso sanguigno dopo la contrazione ventricolare.

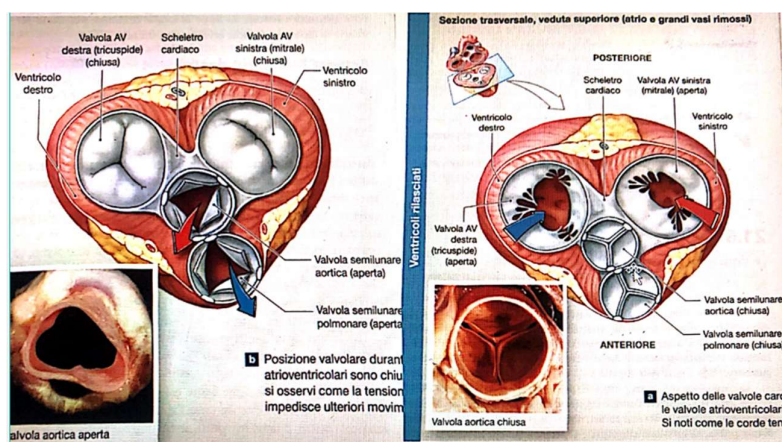


Fig. 1.3. Martini, Tallitsch, Nath, Anatomia Umana, VII Edizione, ediSES Edizioni, 2010

Tra i due atri è presente la fossa ovale, residuo del forame ovale (o forame di Botallo). In fase embrionale questo si presenta come un vero e proprio foro che consente il passaggio di sangue dall'atrio destro all'atrio sinistro, quando i polmoni non sono ancora funzionali.

1.2 Anatomia coronarica

Le arterie coronarie sono i principali vasi deputati all'irrorazione del miocardio, garantendo l'apporto di ossigeno e nutrienti indispensabili per la sua funzione contrattile. Esse originano dai seni di Valsalva dell'aorta ascendente, immediatamente al di sopra della valvola aortica, si distribuiscono lungo il solco coronario e si suddividono in rami principali e collaterali che si distribuiscono lungo la superficie cardiaca, penetrando successivamente nello spessore del miocardio.

Le arterie coronarie principali sono l'arteria coronaria destra (CdX) e l'arteria coronaria sinistra (ACS), ciascuna con un proprio decorso e rami collaterali.

L'arteria coronaria destra decorre lungo il solco coronario destro e, nel 60% dei casi, risulta dominante. Dopo aver curvato sulla superficie anteriore del cuore, emette i rami atriali che vascolarizzano l'atrio destro e parte dell'atrio sinistro. Da essa originano inoltre il ramo marginale acuto, situato lungo il margine destro fino all'apice, e il ramo interventricolare posteriore (o arteria discendente posteriore), che decorre nel solco interventricolare posteriore in direzione dell'apice.

L'arteria coronaria sinistra, invece, ha origine dal seno aortico sinistro e presenta un diametro maggiore e irroro gran parte dell'organo.

Dopo un breve tratto (TC: tronco comune), si divide nei suoi principali rami: l'arteria interventricolare anteriore (IVA) e l'arteria circonflessa (CX). Il ramo interventricolare anteriore o ramo discendente anteriore sinistro decorre anteriormente al solco interventricolare anteriore. Il ramo circonflesso decorre nel solco coronario e, mentre curva nella parte posteriore del cuore, dà origine a più rami che irrorano il ventricolo sinistro. Nella maggior parte degli individui l'arteria coronaria sinistra emette un ramo marginale sinistro che raggiunge l'apice del cuore e irroro gran parte del ventricolo sinistro. Invece, sulla faccia posteriore l'arteria coronaria sinistra forma il ramo ventricolare posteriore sinistro. Se quest'ultimo risulta essere di piccole dimensioni o assente, è sostituito dal ramo interventricolare posteriore dell'arteria circonflessa. Spesso si possono verificare interconnessioni fra i vari casi e queste sono denominate anastomosi.

Per quanto riguarda il ritorno venoso coronarico, la maggior parte del sangue refluo del miocardio confluisce nel seno coronarico, principale collettore del sistema venoso cardiaco. Esso è localizzato nella parete posteriore dell'atrio destro, leggermente al di sotto dello sbocco della vena cava inferiore, e decorre nella porzione posteriore del solco coronario per poi aprirsi nell'atrio destro. A questo sistema affluiscono le vene cardiache più importanti, tra cui la vena posteriore del ventricolo sinistro, la vena cardiaca media, la vena cardiaca parva e le vene cardiache anteriori.

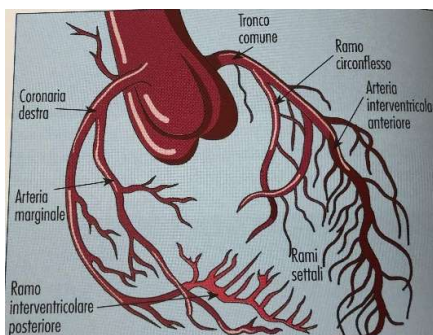


Fig.1.4. Massimo Margheri, Diagnostica coronarica e cardiaca avanzata, Edizioni Minerva Medica 2011

1.3 Fisiologia cardiaca

La coordinazione nella contrazione cardiaca è simile alla funzionalità di una pompa. Di fatto, si deve sviluppare una determinata pressione e muovere una determinata percentuale di fluido da immettere nella circolazione in un'unica direzione. Il cuore lavora in contrazione o in sistole e in rilassamento o in diastole. In ciascun ciclo di contrazione, la pressione in ogni camera aumenta e diminuisce. Questo meccanismo dipende anche dalla perfetta sincronia fra contrazioni atriali e ventricolari. Prima si contraggono gli atri e poi i ventricoli. Per garantire una corretta generazione e conduzione dell'impulso elettrico, è quindi necessario che vi sia un adeguato coordinamento temporale tra la sistole atriale e la sistole ventricolare.

Il cuore possiede una caratteristica peculiare, definita autoritmicità, che gli consente di generare contrazioni in maniera autonoma, indipendentemente da stimoli esterni. Le influenze nervose e ormonali agiscono soltanto modulando il ritmo di base, senza

determinarne l'origine. Tale capacità è resa possibile dalla presenza di cellule specializzate deputate alla generazione e alla conduzione dell'impulso elettrico. Queste si distinguono in cellule nodali, responsabili dell'impostazione del ritmo cardiaco, e fibre di conduzione, che hanno il compito di distribuirlo in modo coordinato a tutto il miocardio.

Il sistema di conduzione cardiaco è costituito da diverse strutture che, in stretta coordinazione, garantiscono la sequenza temporale corretta tra sistole atriale e sistole ventricolare:

- vie internodali: sono vie di conduzione presenti nella parete atriale che trasportano l'impulso contrattile al nodo atrioventricolare;
- nodo atrioventricolare (AV): riceve l'impulso dalle vie internodali;
- fascio atrioventricolare (AV) o di His: trasporta l'impulso dal nodo atrioventricolare ai rami del fascio;
- branca sinistra: si estende dall'apice del cuore fino la superficie interna del ventricolo sinistro;
- branca destra: si estende dall'apice fino la superficie interna del ventricolo destro;
- fascio moderatore: trasmette lo stimolo dai ventricoli ai muscoli papillari che tendono le corde tendinee prima della contrazione;
- fibre di Purkinje: trasmettono l'impulso alle cellule contrattili miocardiche.

L'inizio dell'attività contrattile parte dal nodo SA. Lo stimolo, poi, si diffonde attraverso le superfici atriali, raggiungendo il nodo AV. Quest'ultimo rallenta la diffusione dell'impulso elettrico verso il fascio AV. Qui gli atri si contraggono. Gli impulsi, a questo punto, viaggiano lungo il setto interventricolare attraverso le due branche verso l'apice cardiaco. Il fascio moderatore diffonde lo stimolo ai muscoli papillari. Nell'apice l'impulso elettrico è distribuito dalle fibre di Purkinje per trasmetterlo al miocardio ventricolare. Qui i ventricoli si contraggono.

Le cellule nodali possiedono membrane uniche che permettono di depolarizzarsi spontaneamente. Presentano, inoltre, particolari giunzioni intercellulari in grado di trasmettere efficacemente l'impulso. Queste cellule, definite, pacemaker, si trovano nel nodo SA, nella parete posteriore dell'atrio destro. Possono generare dagli 80 ai 100 potenziali d'azione al minuto. Ad ogni impulso corrisponde un battito cardiaco. Per

queste ragioni la frequenza cardiaca a riposo è attorno gli 80-100 battiti al minuto. Il sistema nervoso autonomo, tuttavia, può inficiare sulla frequenza. Ad esempio, l'acetilcolina, rilasciata dai neuroni motori parasimpatici, è in grado di rallentare la depolarizzazione riducendo la frequenza cardiaca. D'altra parte, la noradrenalina, rilasciata dai neuroni simpatici aumenta la velocità di depolarizzazione e quindi anche la frequenza cardiaca. L'innervazione di questi sistemi deriva dal plesso cardiaco del sistema nervoso autonomo. Innerva il nodo SA, il nodo AV, la muscolatura atriale, ventricolare e le pareti lisce dei vasi sanguigni. I centri di controllo del SNA sono contenuti nei centri cardiaci bulbari che comunicano coi centri presenti nell'ipotalamo.

Il principale compito dell'apparato cardiocircolatorio è quello di apportare sostanze nutritive e ossigeno ed eliminare i prodotti di rifiuto. Viene sempre mantenuto un equilibrio, dovuto a scambi stabili e regolari. Questo fenomeno prende il nome di omeostasi. Infatti, nel caso di arresto cardiocircolatorio, la capacità di assorbire i prodotti necessari si satura ed ormoni e leucociti non raggiungono più gli organi bersaglio. Lo sforzo di circolo del sangue nei vasi periferici viene prodotto dall'organo del cuore che si contrae circa 100.000 volte in un giorno e pompa circa 7,5 milioni di litri di sangue all'anno. Le prestazioni del cuore sono regolate dal sistema nervoso per assicurare i corretti livelli di sostanza di rifiuto, gas e di sostanze nutritive in qualsiasi tipologia di attività quotidiana. Per compensare ogni richiesta metabolica, il cuore può pompare dai 5 ai 30 litri di sangue al minuto.

La rete vascolare, a sua volta, si divide in un circolo polmonare e in un circolo sistemico. Il circolo polmonare conduce sangue ricco di anidride carbonica dal cuore destro ai polmoni per poi riportare sangue ricco di ossigeno dai polmoni al cuore sinistro, una volta avvenuto lo scambio gassoso. Invece, la circolazione sistemica porta sangue ricco di ossigeno dal cuore sinistro ai tessuti periferici e riporta sangue ricco di anidride carbonica dai tessuti periferici al cuore destro. L'atrio destro riceve sangue ricco di anidride carbonica dal circolo sistemico e lo spinge in ventricolo destro tramite una contrazione. Successivamente, il ventricolo destro spinge il sangue in circolazione polmonare, sempre tramite una contrazione. L'atrio sinistro riceve sangue ricco di ossigeno dalla circolazione polmonare, mentre il ventricolo sinistro porta sangue al circolo sistemico. I primi a contrarsi sono gli atri e solo in seguito i ventricoli. Questi ultimi due si contraggono assieme con le giuste quantità di sangue da emettere nei rispettivi circoli.

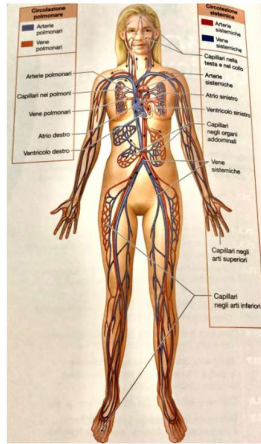


Fig.1.5. Martini, Tallitsch, Nath, Anatomia Umana, VII Edizione, ediSES Edizioni, 2010

I vasi sanguigni coinvolti sono arterie, vene e capillari. Le arterie portano sangue dal cuore a un tessuto, le vene portano sangue da un tessuto al cuore, mentre i capillari connettono vene ed arterie di piccolo calibro per permettere gli scambi, grazie il loro sottile spessore. L'atrio destro riceve sangue deossigenato dalla circolazione sistemica attraverso la vena cava inferiore e la vena cava superiore. La vena cava superiore si inserisce nella porzione posterosuperiore dell'atrio destro. Porta il sangue proveniente dai distretti testa, collo, arti superiori e torace. La vena cava inferiore si inserisce nella parte posteroinferiore dell'atrio destro, riportando il sangue proveniente dagli organi addominali, pelvici e dagli arti inferiori. Il sangue deossigenato dell'atrio destro poi viene spinto nel ventricolo destro attraverso la valvola atrioventricolare di destra. Il circolo polmonare inizia con il tronco polmonare comune che poi si divide in arteria polmonare destra e sinistra, ovvero nei rispettivi polmoni.

Avvenuto lo scambio gassoso nei capillari polmonari, il sangue ossigenato passa nelle quattro vene polmonari, due di destra e due di sinistra per arrivare fino all'atrio sinistro. Queste quattro vene si inseriscono nella parete posteriore dell'atrio sinistro. Il sangue ossigenato passa dall'atrio al ventricolo sinistro tramite la valvola atrioventricolare di sinistra o denominata anche bicuspidale o mitrale, date le due cuspidi. La parete del ventricolo sinistro è circa tre volte più spessa della parete del ventricolo destro. Questo è funzionale a far circolare una grande quantità di sangue in tutta la circolazione sistemica. Per il medesimo motivo le sue trabecole carnee sono più robuste, non vi è un fascio moderatore e vi sono tre prominenti muscoli papillari. Il sangue ossigenato

del ventricolo sinistro raggiunge la circolazione sistemica tramite l'aorta ascendente e passando dalla valvola aortica o valvola semilunare aortica. Alla radice dell'aorta ascendente vi sono piccole dilatazioni sacciformi per ogni cuspid, definiti seni aortici. Questi ultimi devono evitare l'attaccamento dei lembi della valvola alla parete aortica durante l'apertura. Dall'aorta ascendente il sangue procede nell'arco aortico e poi nell'aorta discendente. Arco aortico e tronco polmonare sono uniti dal legamento arterioso, una banda sierosa di tessuto connettivo.

Dato che i vasi polmonari sono ampi, corti e vicini al cuore, il ventricolo destro non deve imprimere una elevata pressione. Di conseguenza le sue pareti sono relativamente sottili. Pressioni più elevate potrebbero provocare la rottura dei capillari polmonari. D'altra parte, il ventricolo sinistro deve imprimere una pressione di quattro o sei volte maggiore rispetto il ventricolo destro. Per fronteggiare queste elevate pressioni il ventricolo sinistro possiede una parete molto più spessa che in sezione trasversale risulta essere circolare. Quando si contrae il ventricolo, si restringe e la distanza fra base ed apice diminuisce. Parte della spinta ventricolare sinistra aiuta l'efficienza di pompaggio della spinta ventricolare destra.

1.4 Fisiologia coronarica

La circolazione coronarica fornisce sangue al tessuto muscolare cardiaco. Esso apporta una grande quantità di ossigeno e sostanze nutritive, data l'attività importante che i cardiomiociti svolgono. Durante un'attività il cuore può richiedere fino a nove volte la quantità di sangue richiesta. L'elevata pressione a livello dell'aorta ascendente garantisce un afflusso di sangue continuo al muscolo cardiaco. L'arteria coronaria di destra (ACD) irrorla la parete destra del cuore. Essa fornisce sangue all'atrio destro, a una porzione di atrio sinistro, al setto interatriale, al ventricolo destro, a una porzione di ventricolo sinistro e a porzioni di conduzione del nodo senoatriale del cuore. Il ramo marginale destro irrorla il ventricolo destro per poi dirigersi verso la parete posteriore del cuore. Il ramo interventricolare posteriore fornisce sangue al setto interventricolare e a parte dei ventricoli. L'irrorazione del nodo senoatriale e del nodo atrioventricolare sono date rispettivamente da un ramo della coronaria destra e da un'arteriola che parte dal ramo interventricolare posteriore. L'arteria coronaria sinistra irrorla il cuore sinistro,

fornendo ossigeno e sostanze nutritive al ventricolo sinistro, a una porzione di ventricolo destro, all'atrio sinistro e a gran parte del setto interventricolare. Il ramo interventricolare anteriore fornisce sangue ai ventricoli anteriormente e ai due terzi del setto interventricolare anteriore.

Le vene cardiache portano il sangue refluo del cuore nel seno coronario. Le vene cardiache magna e media drenano il sangue dai capillari miocardici e trasportano il sangue venoso al seno coronario. La vena posteriore del ventricolo sinistro drena la parte irrorata dal ramo circonflesso dell'arteria coronaria sinistra. La vena cardiaca media drena la parte irrorata dal ramo interventricolare posteriore dell'arteria coronaria sinistra. La vena cardiaca parva drena sangue dalle superfici posteriori del ventricolo e dell'atrio di destra. Le vene cardiache anteriori invece, drenano la superficie anteriore del ventricolo destro, immettendo il sangue venoso direttamente in atrio destro.

1.5 Fisiopatologia della coronaropatia

L'aterosclerosi è una patologia infiammatoria cronica costituente l'accumulo di lipoproteine, monociti, macrofagi o linfociti T all'interno della parete arteriosa. L'aterosclerosi rappresenta la principale causa di morbidità e mortalità nei Paesi sviluppati. Ad oggi, fattori di rischio sono età, sesso, fumo, alcool, dieta disomogenea, inquinamento, ipertensione arteriosa, dislipidemia, obesità, familiarità, diabete, vita sedentaria. Le lesioni si sviluppano più spesso nelle zone prossimali, a valle delle biforcazioni o delle diramazioni nell'intima delle arterie. Le particelle lipoproteiche man mano si legano alla matrice extracellulare della parete arteriosa. Una volta legato, sviluppano processi infiammatori quali l'ossidazione e la glucosilazione non enzimatica. Nel primo caso, si verifica una rottura degli acidi grassi che produce aldeidi, idroperossidi, lisofosfolipidi o una rottura della catena peptidica. Nel secondo caso, si verifica in presenza di elevati livelli di glicemia che accelera il processo di aterogenesi. Tutto questo, scatena, a sua volta, una risposta immunitaria da parte dei linfociti T e dei monociti. Essi penetrano fra le cellule endoteliali del vaso per assorbire i lipidi in eccesso.

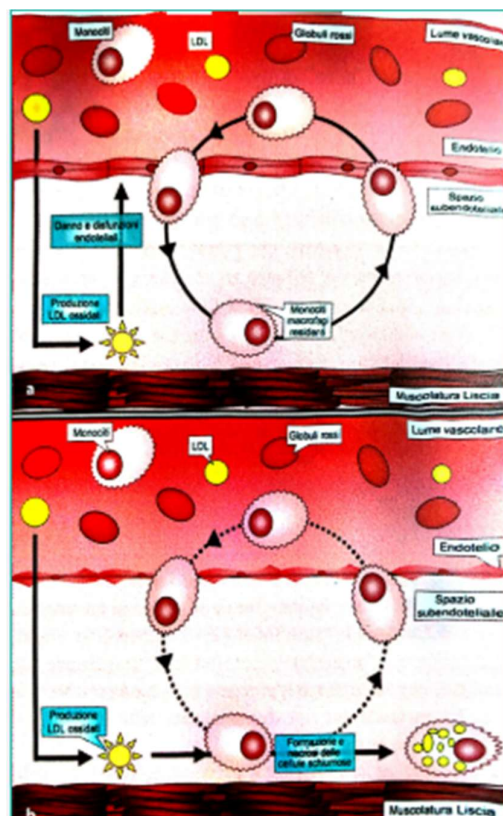


Fig.1.6. Francesco Broccolo, Aterosclerosi, Springer, 2010

I lipidi all'interno dei monociti creano un macrofago carico di lipidi denominato "cellula schiumosa". Queste tipologie di placche sono ancora reversibili tramite una dieta corretta e l'uso di farmaci. La formazione di placche più complessa deriva dalla proliferazione di cellule muscolari lisce. Ciò comporta un ispessimento dello strato vasale. Citochine infiammatorie e linfociti T possono causare una apoptosi delle stesse cellule muscolari lisce. Quest'ultime possono promuovere fenomeni di calcificazione.

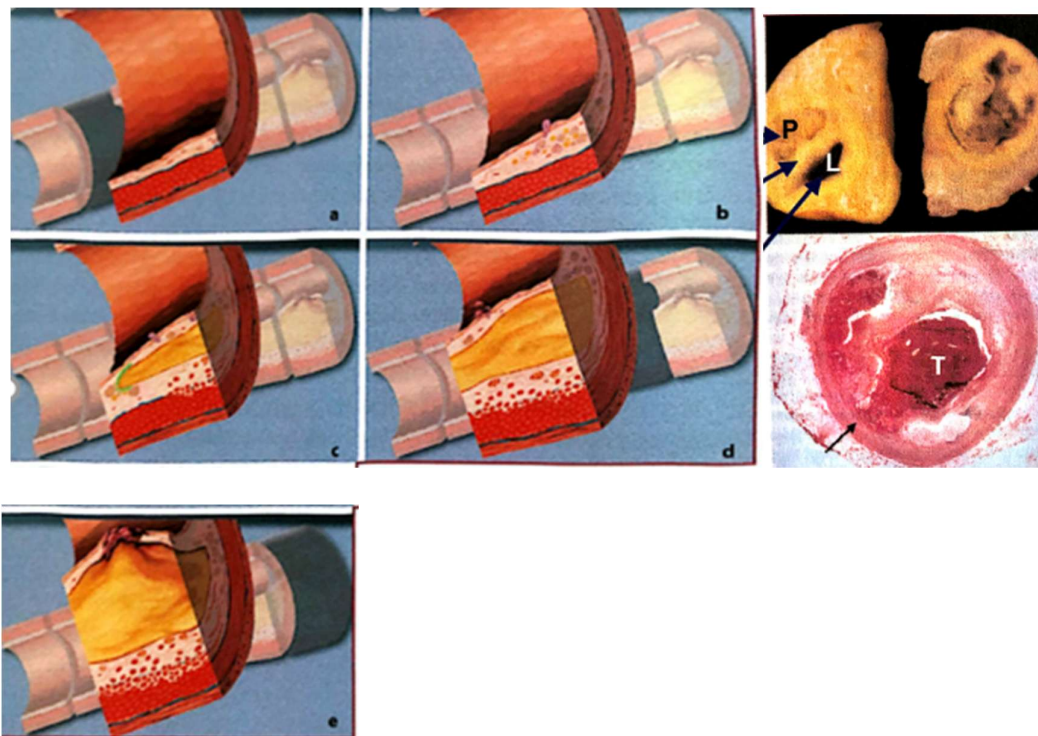


Fig.1.7. Francesco Broccolo, Aterosclerosi, Springer, 2010

La placca ateromasica man mano si accresce causando una stenosi vasale, ovvero un restringimento. Complicanze possono essere la chiusura totale di un vaso dovuto alla rottura della placca che va poi a costituire un coagulo.

La placca ateromasica è composta da un core lipidico e accerchiata da un cappuccio fibroso con le cellule muscolari lisce. Presentano un diametro da 0,3 fino a 1,5 cm. Le arterie più colpite, in ordine di frequenza, sono aorta addominale, le coronarie, le poplitee, l'aorta toracica, le carotidi interne e i vasi del poligono del Willis. Le lesioni coronariche si dividono in:

- stabili: ispessimento, ateroma fibroso, ateroma fibrocalcifico;
- instabili: ateroma con cappuccio fibrotico sottile e placche rotte cicatrizzate.

L'*American Heart Association* divide le placche in sei tipologie:

- lesione iniziale: è costituita da macrofagi schiumosi e mano mano si accumulano lipidi;
- stria lipidica: è costituita da un accumulo graduale di lipidi intracellulari;

- lesione intermedia: è costituita da un accumulo di lipidi intracellulari ed extracellulari;
- ateroma: è costituita da lipidi intracellulari ed extracellulari e il muscolo liscio e il collagene aumentano;
- fibroateroma: è costituita da un accumulo di lipidi e da uno strato fibrotico e/o calcifico;
- lesione complicata: è costituita da danni superficiali, ematomi, emorragie e trombi.

Il processo di evoluzione della placca dura diversi anni: quando le dimensioni della placca eccedono, il lume del vaso si rimodella, creando una stenosi con riduzione del diametro endoluminale e conseguente riduzione dell'apporto sanguigno. Oppure crea un allargamento del profilo vasale, denominato rimodellamento positivo. È stato più frequentemente rilevato in placche soffici e instabili. In questo caso, il diametro vasale a livello della lesione è maggiore rispetto la parte prossimale. Un rimodellamento negativo, invece, è dato un restringimento del profilo esterno del vaso. In questo caso, il diametro vasale a livello della lesione è minore rispetto alla parte prossimale. In assenza di rimodellamento, il vaso si riduce dalla porzione prossimale a quella più distale. Una stenosi di oltre il 70% comporta una condizione di sintomatologia.

La rottura della placca crea un quadro di trombosi di due diverse modalità:

- la rottura del cappuccio fibroso che si associa maggiormente a infarto miocardico;
- erosione superficiale dell'intima.

La rottura è favorita da una riduzione di collagene o da una iperattività dei macrofagi che assottigliano il cappuccio fibroso contenente il materiale lipidico. Nel sito di rottura vengono attivate le piastrine e la fibrina che determinano vasocostrizione con parziale resistenza al meccanismo di trombolisi. D'altro canto, possono essere oggetto di un trombo occludente il vaso stesso.

Questi processi patologici si possono confermare in un quadro di sindrome coronarica acuta o malattia cronica stabile. Nel primo caso, l'apporto di sangue al cuore è bruscamente interrotto, parzialmente o totalmente, all'improvviso. Nel secondo caso, invece, la patologia perdura anche per diversi anni in un quadro stabile, senza aggravare la situazione, ma che richiede un trattamento farmacologico costante.

1.6 Sintomatologia e presentazioni cliniche

Le principali presentazioni cliniche riguardano la riduzione del calibro del vaso con conseguente minor apporto di ossigeno e di sangue ai tessuti irrorati dai vasi patologici. Questo quadro è denominato come ischemia. Quest'ultima può risultare più o meno grave in base la presenza di circoli collaterali che sopperiscano al vaso stenotico patologico. Il danno è maggiore se viene colpito un vaso terminale, senza circoli collaterali.

I principali sintomi legati alla coronaropatia si dividono in tipici e atipici.

I sintomi tipici sono:

- *angina pectoris*: l'ischemia è di tipo transitoria, senza necrosi e senza danni irreversibili;
- dolore toracico in sede retrosternale o fino all'arto superiore sinistro per un massimo di venti minuti. Nel caso la localizzazione sia in zona epigastrica si procede con diagnosi differenziale con patologie gastriche;
- dispnea che si manifesta come mancanza d'aria o affanno.

I sintomi atipici sono:

- sudorazione;
- astenia;
- palpitazioni.

L'angina si divide, a sua volta, in:

- stabile: il dolore si manifesta dopo un'attività di sforzo definita e costante. Le lesioni caratterizzanti questo sintomo sono spesso a profilo intraluminale liscio, con forma affusolata e appaiono simmetriche o eccentriche;
- instabile: il dolore si manifesta anche a riposo. Le lesioni caratterizzanti questo sintomo sono spesso eccentriche, ulcerate, complicate da emorragie e trombi.

Fra le sindromi coronariche acute vi sono:

- angina instabile;
- infarto miocardico acuto ST-Elevation Myocardial Infarction (STEMI): si presenta con un danno transmurale al muscolo cardiaco con dolore per oltre i venti minuti e

a cui si associano alterazione al tratto ST nell'ECG e gravi occlusioni alle coronarie di tipo totale o acuto;

- infarto miocardico acuto Non-ST-Elevation Myocardial Infarction (NSTEMI): l'occlusione coronarica parziale o transitoria porta alla necrosi di una parte del cuore senza alterazioni al tratto ST nell'ECG.

Principali segni della malattia, invece, sono:

- dislipidemia: i livelli di LDL (lipoproteine a bassa densità) sono aumentati o i livelli di HDL (lipoproteine ad alta densità) sono diminuiti;
- aumento della PCR: la proteina C reattiva è collegata a un indice infiammatorio.

Capitolo 2: Il TSRM nella diagnostica per immagini della patologia coronarica

2.1 Coronaro-TC

La coronaro-TC è un esame diagnostico radiologico non invasivo che tramite l'infusione di mezzo di contrasto endovena visualizza l'anatomia e il decorso della parete vasale e del lume delle arterie coronariche. È una valida alternativa alla coronarografia convenzionale che risulta invece essere una tecnica invasiva. Può essere di grande utilità nel caso di una sintomatologia di angina dubbia o nel caso in cui sintomi e coronarografia non congiungano alla diagnosi di coronaropatia o nel caso di dolore toracico acuto senza alterazioni del tratto ST, test enzimatici negativi o stress test dubbio e incremento di indici miocardiocitonecrosi.

Alcuni svantaggi della coronaro-TC sono: l'alta dose radiogena, il fatto di dover verificare l'appropriatezza della richiesta in funzione del quesito clinico, la mancanza di studi randomizzati e studi clinici prognostici insufficienti.

Il paziente si presenta con un digiuno di almeno sei ore, la modulistica con i valori della funzionalità renale e del consenso all'iniezione del mezzo di contrasto. Viene reperito un accesso venoso in vena antecubitale destra o sinistra o una vena della mano e si eliminano ogni tipo di oggetti metallici che possano interferire con l'esame. Il TSRM si assicura che questi passaggi vengano eseguiti, oltre alla firma di un modulo di consenso informato ed esclude le principali controindicazioni. Successivamente, posiziona il paziente supino sul lettino, con gli arti superiori abdotti fino al capo e lo istruisce sulle apnee respiratorie, spiegando il funzionamento dell'esame.

La coronaro-TC viene eseguita in apnea respiratoria, con sincronizzazione al ciclo cardiaco tramite gating cardiaco. L'acquisizione può essere eseguita con tecnica prospettica o retrospettiva, a seconda dell'obiettivo clinico e delle condizioni del paziente.

- Acquisizione prospettica ('step and shoot'): viene utilizzata principalmente per il calcolo del *calcium score* e per studi coronarici mirati. Si basa su una tecnica

- sequenziale che acquisisce le immagini in una sola fase del ciclo cardiaco, generalmente nella diastole tardiva (quando il cuore è più stabile). Non prevede l'uso di mezzo di contrasto per il *calcium score* e consente una significativa riduzione della dose di radiazioni. Lo svantaggio è che non permette la ricostruzione delle altre fasi cardiache. Le calcificazioni coronariche così quantificate vengono classificate come assenti, modeste o severe; un'elevata componente calcifica può ostacolare la corretta valutazione del lume e del decorso vascolare, aumentando il rischio di falsi positivi o falsi negativi e, in alcuni casi, rendendo non proseguibile l'esame contrastografico. La dose radiogena effettiva, a seconda della presenza o meno della modulazione prospettica, varia da 5 a 16 mSv per TC a 16 strati e da 13 a 21 mSv per TC a 24 strati. Per ridurre la dose fino al 25–45% si utilizza la modulazione prospettica della corrente del tubo, che massimizza l'emissione nella fase diastolica (di interesse diagnostico) e la minimizza in sistole. Inizialmente la metodica era limitata al solo calcolo del calcio coronarico, ma oggi viene impiegata anche per la valutazione del lume coronarico, in particolare nel follow-up di pazienti portatori di stent o by-pass aorto-coronarici (BPAC).
- **Acquisizione retrospettiva:** utilizza una tecnica spirale continua durante l'avanzamento del lettino e permette di acquisire l'intero ciclo cardiaco (0–100%). Viene impiegata per la visualizzazione delle arterie coronarie con mezzo di contrasto, consentendo anche ricostruzioni dinamiche e valutazioni funzionali, come lo studio della funzione ventricolare. La sincronizzazione con il mezzo di contrasto avviene tramite la tecnica del *bolus tracking*: si posiziona una ROI nell'aorta ascendente e, al raggiungimento della soglia di circa 100 HU, si avvia l'acquisizione. Per ridurre artefatti da indurimento del fascio si predilige un mezzo di contrasto ad elevata concentrazione di iodio (350–400 mgI/ml), somministrato ad alte velocità di flusso (4–5 ml/s). La quantità varia generalmente tra 60 e 100 ml, seguiti da soluzione fisiologica, tramite agocannula da 18 Gauge posizionata in vena antecubitale. Per garantire una buona qualità delle immagini è inoltre fondamentale mantenere la frequenza cardiaca al di sotto di 65 bpm, con eventuale somministrazione di beta-bloccanti, calcio-antagonisti o nitroderivati.

Gli sviluppi più recenti permettono di ottenere una risoluzione spaziale fino a 0,4 mm, consentendo di visualizzare anche i tratti distali delle coronarie, ridurre gli artefatti dovuti alla presenza di stent o calcificazioni e definire con maggiore accuratezza volume e attenuazione delle placche coronariche. Allo stesso tempo, una migliore risoluzione temporale consente di bloccare le immagini in fasi specifiche del ciclo cardiaco, facilitando la ricostruzione della funzione ventricolare sinistra e riducendo i tempi complessivi di scansione.

La coronaro-TC è una metodica sensibile con elevato valore predittivo negativo: consente di escludere la presenza di malattia ed eventualmente si può evitare una coronarografia. A tal proposito, i pazienti risultati positivi e dove, quindi, la tc è più accurata in termini di valore predittivo negativo e sensibilità, sono stati quelli a rischio intermedio-basso. Data l'importante dose somministrata, i pazienti a rischio intermedio sono i miglior candidati.

L'angio-TC può anche essere conclusiva in pazienti affetti da dolore toracico acuto in pronto soccorso, per escludere anche eventuali patologie aortico-polmonari. Pazienti cui si sospetta ancora un risultato intermedio o dubbio possono essere sottoposti a miocardioscintigrafia. Nonostante l'elevata sensibilità della coronaro-TC, essa non riporta lo stesso valore prognostico, più noto nelle altre metodiche. È eleggibile come metodica in pazienti asintomatici, ma portatori di rischi di patologia cardiovascolare, pazienti con cardiomiopatia dilatativa di eziologia non nota o in attesa di chirurgia vascolare.

Ad oggi, l'accuratezza diagnostica della TC nella valutazione dei by-pass venosi ed arteriosi è attorno al 95-100%, mentre risulta più scarsa nel caso dello studio dei vasi nativi. Ciò è dovuto ai vasi calcificati in malattia avanzata. Al fine di visualizzare anche i vasi nativi si predilige la coronarografia, mentre la coronaro-TC si preferisce per la visualizzazione dei by-pass, in casi più dubbi. Può, inoltre, risultare molto utile nel caso di un ulteriore intervento chirurgico per valutare gli spazi anatomici dell'arteria mammaria con lo sterno.

L'aumento della risoluzione spaziale e la riduzione della risoluzione temporale hanno reso la coronaro-TC la metodica non invasiva eseguibile nel caso di follow-up in pazienti sottoposti ad angioplastica. Inoltre, consente di distinguere se la patologia è

connessa alla non pervietà dello stent, all'iperplasia intimale o a stenosi. Tuttavia, ad inficiare l'esame possono esserci artefatti metallici dovuti allo stent e ciò può portare a diagnosticare falsi positivi. Per questa ragione, la specificità dell'esame si associa più spesso a stent impiantati a livello del tronco comune, mentre la coronarografia rimane sempre la metodica gold standard anche in caso di follow-up.

La coronaro-TC è anche in grado di distinguere placche calcifiche, non calcifiche e miste con una bassa dose radiogena. Tuttavia, ancora non distingue placche a contenuto fibroso o lipidico. Nel caso di placche calcifiche si calcola l'Agatston-score che riguarda area e densità della malattia. Le placche in pazienti affetti da malattia coronarica acuta sono di prevalenza calcifica. È importante sottolineare l'elevato valore prognostico negativo in pazienti asintomatici con eventi cardiaci avversi. Questo punteggio ha lo scopo clinico di quantificare il rischio di malattia coronarica in pazienti asintomatici. Pazienti a rischio intermedio con un Ca-score superiore a 300 sono rivalutati a livello terapeutico. Le placche non calcifiche, invece, sono più instabili, poiché sono inclini all'erosione e alla rottura, e possono essere a contenuto lipidico. In questo caso, la coronarografia non è in grado di valutare placche stenosanti, soprattutto in caso di rimodellamento positivo delle pareti vasali e sottostima del grado di aterosclerosi. A tal proposito, la TC è ancora una tecnica sperimentale, in quanto può sottostimare il volume di placca o sovrastimare l'area.

Lo studio coronaro-TC trova indicazione anche nella visualizzazione di anomalie anatomiche ai vasi coronarici, le quali comportano un rischio di eventi cardiovascolari. Si sfruttano più che altro le ricostruzioni 3D.

Controindicazioni all'esame sono allergie al mezzo di contrasto, insufficienza renale con una creatinina minore di 120 mmol, gravidanza, insufficienza respiratoria acuta, stato clinico instabile, scompenso cardiaco severo e tachiaritmie.

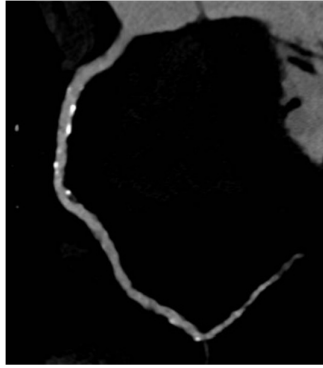


Fig.2.1. Coro-tc MPR curva

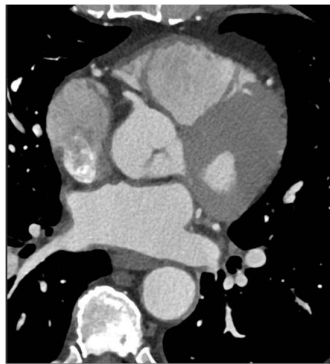


Fig.2.2. Coro-TC

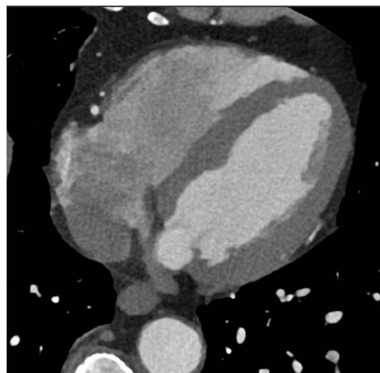


Fig. 2.3. Coro-TC

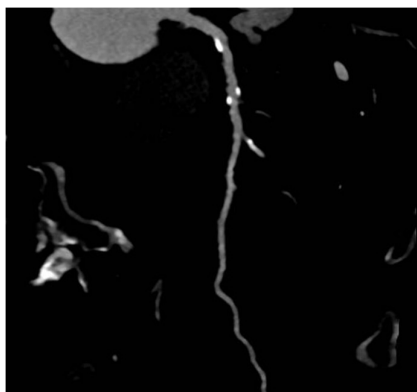


Fig.2.4. Coro-TC MPR curva arteria coronaria sinistra

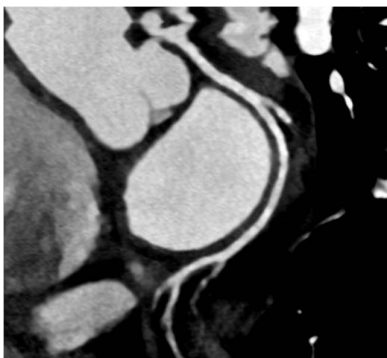


Fig. 2.5. Coro-TC MPR curva CX

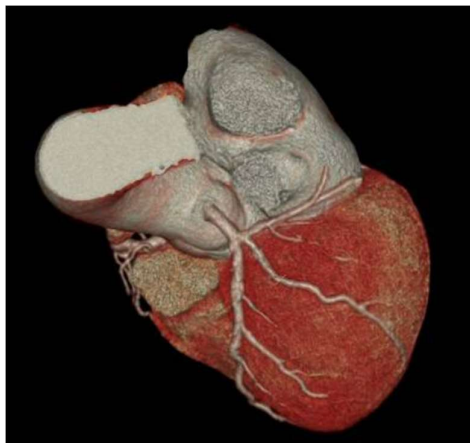


Fig.2.6. Ricostruzione volume rendering del cuore

2.2 Cardio-RM

La cardio-RM è una possibile alternativa d'esame non invasivo rispetto alla coronarografia. Si combina allo studio della funzione ventricolare, valutazione del flusso cardiaco e della vitalità. Attualmente, la risonanza rimane una metodica funzionale nell'ambito anatomico nello studio del cuore e dei grossi vasi, mentre lo studio coronarico è tuttora sperimentale. Sequenze cardine della RM cardiaca sono la STIR black blood, le CINE morfologiche anche in late enhancement dopo iniezione di mdc. L'acquisizione si esegue su quattro principali piani di acquisizione: quattro camere asse lungo, tre camere asse lungo, due camere asse lungo e due camere asse corto. A seconda dello scopo da perseguire si ottengono diverse immagini:

- piani asse lungo orizzontale (HLA): di solito si esegue in 4 camere, utile per studiare l'intero cuore e il movimento delle valvole;
- piani asse lungo verticale (VLA): una proiezione a 2 camere, che permette di visualizzare il ventricolo sinistro e il movimento della parete;
- piani asse corto (AC): scansioni perpendicolari ai piani in asse lungo che permettono di ottenere scansioni a strato sottile del cuore, utili per lo studio del ventricolo sinistro e per valutare la perfusione miocardica;
- 2 camere: si ottengono con un piano che interseca la parete laterale e l'apice del ventricolo sinistro;
- proiezioni a 3 camere: studiano l'asse lungo del ventricolo sinistro, utile per valutare il tratto di efflusso del ventricolo sinistro e la radice aortica;
- proiezioni a 4 camere: mostrano tutte le camere cardiache (ventricoli e atri), permettendo di valutare la funzione ventricolare complessiva.

L'imaging deve avvalersi di un'alta risoluzione temporale per ridurre gli artefatti da movimento, dati dal battito cardiaco e dall'atto respiratorio. Eventuali artefatti potrebbero creare una visualizzazione del lume vasale più dilatato rispetto al normale. Per ovviare a ciò si predispone l'utilizzo di un gating cardiaco con tracciato ECG. La finestra temporale migliore per acquisire è la fase medio-diastolica, perché il movimento dei vasi è ridotto e il flusso sanguigno massimo. Il movimento è visto in delle sequenze dinamiche sull'asse lungo del segmento medio-prossimale di CDx. Per

allungare il tempo di diastole si possono utilizzare dei beta-bloccanti, evitando ulteriori artefatti da movimento. Invece, per eliminare gli artefatti da movimento si deve utilizzare un gating respiratorio o l'apnea espiratoria. In quest'ultimo caso, la risoluzione spaziale e temporale sarà più limitata perché le apnee non saranno tutte uguali, perciò gli spostamenti fra cuore e diaframma possono variare. Col gating respiratorio, l'acquisizione ha inizio quando il diaframma si trova a 3-5 mm dalla sua posizione di fine espirazione. In questo caso, l'esame risulterà più confortevole per il paziente rispetto alle apnee ripetute, allungando, però, la durata dell'acquisizione. La risoluzione spaziale della risonanza risulta minore rispetto alla coronarografia, sui 0.7-0.8 mm. Per aumentarla bisogna ridurre il rapporto segnale-rumore. Tipicamente, l'acquisizione avviene senza iniezioni di mezzo di contrasto, poiché si vogliono esaltare i tessuti delle coronarie rispetto al miocardio attraverso la soppressione del grasso, impulso di magnetization transfer contrast prepulses e T2 che esalta le naturali differenze di T2 tra il sangue e il miocardio circostante. Nel caso si utilizzi il mezzo di contrasto, l'acquisizione deve essere molto rapida in quanto esso passa velocemente dal lume coronarico allo spazio extracellulare e riduce i tempi T1 di rilassamento, utilizzando il breath hold.



Fig.2.7. Sequenza T1 asse corto, (<https://radiopaedia.org/home>)

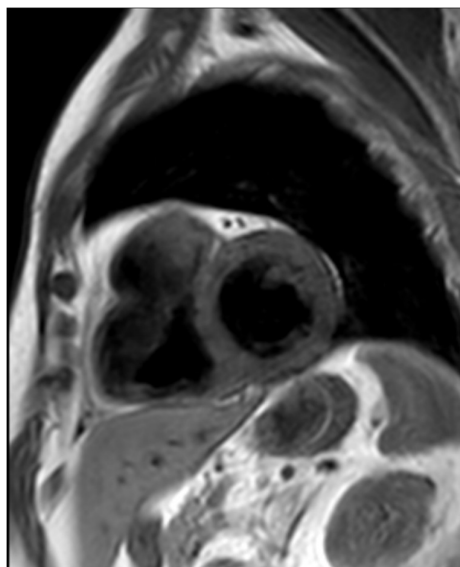


Fig.2.8. Sequenza T2 asse corto, (<https://radiopaedia.org/home>)

Sequenza cardine dello studio coronarico è la 3D *balanced TFE*. Recenti sviluppi hanno ideato sequenze per ottimizzare risoluzione temporale e spaziale.

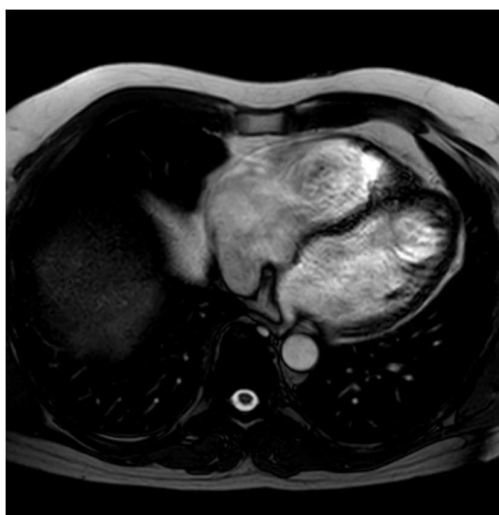


Fig.2.9. Sequenza *balanced SSFP* in assiale, (<https://radiopaedia.org/home>)

La *Steady-State with Free Precession* (SSFP) è in grado di ottenere un'alta intensità di segnale nelle arterie coronarie ed elevato contrasto fra pool sanguigno ventricolare e miocardico. Qui il rapporto segnale-rumore e contrasto-rumore sono aumentati. Inoltre è piuttosto sensibile alla visualizzazione di stenosi coronariche significative.



Fig.2.10. Sequenza cine SSFP a due camere (<https://radiopaedia.org/home>)

La tecnica *phase contrast* consente una misurazione quantitativa in ml/s del flusso sanguigno che può essere studiato a riposo o dopo stress. Ha ruolo importante nella quantificazione del flusso sanguigno in pazienti sottoposti a BPAC o angioplastica, nel caso si verifichino successive ostruzioni.

La *parallel imaging* è in grado di ridurre i tempi di acquisizione fino a metà o, addirittura, di due terzi, a discapito del rapporto segnale-rumore. Il post processing si basa sempre su un imaging 3D. La parete vasale delle coronarie si studia con le sequenze *black blood*, dove il sangue ha segnale ipointenso rispetto agli altri tessuti. È una metodica molto utilizzata, soprattutto, per lo studio delle placche a livello carotideo. In risonanza si visualizza un ispessimento della parete vasale, in casi patologici.

Il TSRM controlla che il paziente abbia firmato il consenso informato all'esecuzione dell'esame. Si controllano sempre le controindicazioni all'esame e il filtrato glomerurale per l'iniezione dell'eventuale mezzo di contrasto. Il paziente entra nel magnete con un camice, è supino sul lettino e viene istruito alle apnee respiratorie. È collegato a un gating cardiaco e/o respiratorio per facilitare l'acquisizione. Le controindicazioni sono:

- assolute: pacemaker, protesi valvolari, clip metalliche non compatibili;
- relative: gravidanza, apparecchi acustici, schegge metalliche;
- limitanti: claustrofobia e protesi al titanio.

Nonostante la coronarografia sia l'esame gold standard in caso di anomalie coronariche, la RM ne consente uno studio ottimale nel caso di un mancato incannulamento o visualizzazione del vaso. Rimane un'eccellente metodica da eseguire in pazienti giovani con sospetto di origine coronarica anomala non nota o non ben visualizzabile. Inoltre, può individuare la presenza di ponti miocardici e fistole coronariche artero-venose. La RM svolge un ruolo importante anche nello studio di aneurismi coronarici dovuti alla malattia di Kawasaki o a vasculiti, poiché colpiscono maggiormente pazienti pediatrici.

Purtroppo, non vi sono dati soddisfacenti all'esecuzione di risonanza come screening nella popolazione ad alto rischio di patologia coronarica. Pazienti con lesioni a livello del tronco comune o affetti da malattia trivale presentano elevata sensibilità ed elevato valore predittivo negativo, nel caso di RM. Di fatto l'acquisizione whole heart a respiro libero con navigatore diaframmatico consente un'acquisizione più veloce con una buona accuratezza diagnostica ed alta sensibilità e specificità. Vantaggio della risonanza è il non utilizzo del mezzo di contrasto iodato e il non utilizzo delle radiazioni ionizzanti. Svantaggi sono la relativa bassa risoluzione spaziale e la bassa risoluzione temporale di uno studio angiografico.

Lo studio del BPAC tramite RM ha avuto ottimi risultati in termini di accuratezza diagnostica poiché visualizza o meno la pervietà del graft. Si può eseguire con e senza mdc.

Limiti della risonanza coronarica sono:

- non valutabilità di un intervento di rivascolarizzazione;
- bassa risoluzione spaziale;
- bassa risoluzione temporale;
- artefatti da movimento con conseguenti falsi negativi e falsi positivi;
- artefatti da clips metalliche, da punti sternali o stent che diminuiscono il segnale;
- i pazienti portatori di pacemaker o defibrillatori non possono eseguire l'esame;
- diversa disponibilità dei software di ricostruzione.

2.3 Scintigrafia miocardica

La scintigrafia miocardica rappresenta una metodica nucleare fondamentale per la valutazione della perfusione cardiaca e della funzionalità ventricolare. Consente di ottenere immagini dettagliate del flusso sanguigno a livello del miocardio, identificando aree di ischemia o danno infartuale.

In medicina nucleare le indagini miocardiche eseguibili sono di quattro tipologie:

- angiocardioscintigrafia;
- studio della perfusione miocardica;
- studio del metabolismo miocardico;
- studio del danno miocardico acuto o subacuto.

L'angiocardioscintigrafia all'equilibrio consente di determinare parametri funzionali ventricolari, come frazione di eiezione, volume diastolico e sistolico, velocità di sistole e diastole. Tramite l'interpretazione fra le immagini e questi parametri si possono identificare e quantificare ipocinesie e discinesie.

I globuli rossi del paziente sono marcati in vivo o in vitro mediante iniezione endovenosa con una soluzione acquosa di sale. Gli ioni del ^{99}Tc si legano alla membrana degli eritrociti dopo riduzione con agente stannoso, raggiungendo l'equilibrio in trenta minuti. Il radiofarmaco utilizzato è il ^{99}Tc -pertechnetato con una efficienza di marcatura con gli eritrociti del 90-95%. L'acquisizione con gamma camera avviene in dinamica in proiezione obliqua anteriore sinistra (OAS) con simultanea

registrazione dell'ECG. È una metodica associata anche a prove da sforzo o di stress farmacologico che incrementa la valutazione della riserva contrattile e nell'evoluzione dell'infarto miocardico.

Nell'angiocardioscintigrafia di primo transito, invece, l'iniezione avviene direttamente in vena cava superiore o in atrio destro con il radiofarmaco che permane per almeno 10-15 minuti. Il transito di esso si registra in 20-30 frame al secondo, mediante gamma camera ad alta velocità di conteggio. In sequenza, si visualizza, la vena cava superiore, l'atrio destro, ventricolo destro, circolo polmonare, atrio sinistro, ventricolo sinistro e aorta ascendente. È più indicata per una valutazione della funzionalità del ventricolo destro per sospetta patologia valvolare o di shunt. D'altro canto, un limite importante risiede nell'impossibilità di valutare la funzione cardiaca, ottenere proiezioni multiple e analizzare la cinetica regionale.

Lo studio della perfusione miocardica con traccianti diffusibili prevede che questi ultimi attraversino liberamente la parete capillare. Penetrano nello spazio extravascolare e tornano in circolo per essere rimossi dallo stesso organo di studio in funzione della velocità di flusso. La scintigrafia sequenziale permette di calcolare il flusso ematico totale e distrettuale. I traccianti diffusibili possono essere liquidi o gassosi. Fra i primi vi è l'antipirina marcata con iodio 123. Fra i secondi vi sono xenon 133, un gas inerte somministrato per inalazione o per cateterismo coronarico in soluzione acquosa. Vantaggio dello xenon gassoso è il fatto di poterlo somministrare più volte, data la rapida eliminazione polmonare. Questa metodica permette di studiare il flusso ematico regionale in ml/mg/g di massa miocardica.

Lo studio della perfusione miocardica con traccianti di deposito prevede l'utilizzo di traccianti liquidi come potassio 38 e 42, poco utilizzati e tallio 201, rubidio 82 e 86, ammoniaca marcata con azoto 13, utilizzati in pet. Il 201 Tl è usato sotto forma di cloruro che si concentra nel miocardio in condizioni fisiologiche o *ibernato*. Di fatto, nell'infarto acuto e nel tessuto fibrocontrattile post-infarto non vi è captazione e i traccianti non si accumulano. Il radiofarmaco si accumula nei miocardiociti sani ad andamento ciclico legato alla polarizzazione e depolarizzazione di essi. L'accumulo è direttamente proporzionale al flusso ematico. In fase precoce, il tracciante, si deposita fisiologicamente nella muscolatura scheletrica e man mano nella muscolatura miocardica. Durante la redistribuzione, una singola iniezione e due acquisizioni diverse

permettono di discriminare distretti miocardici ipoperfusi ma ancora vitali da distretti miocardici sostituiti da tessuto cicatriziale. L'utilizzo del tecnezio 99, invece, richiede uno studio in due distinti giorni diversi o anche lo stesso giorno a distanza di quattro ore con doppia iniezione del tracciante sotto stress e a riposo. La sua distribuzione attraversa rapidamente la membrana cellulare e trattiene il tracciante nei mitocondri delle cellule miocardiche. Ad oggi, si preferisce uno studio con il tecnezio rispetto al tallio. La procedura richiesta sarà più laboriosa, d'altra parte il tallio eroga una elevata dose e l'emissione in gamma camera non è ottimale. Inoltre l'utilizzo del tecnezio, che è marcato nella tetrofosmina o nel sestamibi, con SPECT ed ECG rende la valutazione sia della perfusione miocardica sia della cinetica di contrazione miocardica distrettuale.

Si inietta per via endovenosa al culmine di uno stress fisico o farmacologico per evidenziare un'area di potenziale ischemia miocardica subcritica. L'acquisizione avviene in planare statica o SPECT 10-15 minuti dopo l'iniezione e poi si ripete dopo 4 ore. Il miocardio ipoperfuso o necrotico è visibile come *area fredda*, ovvero un'area di ipo-captazione con difetto reversibile. Lo studio di parametri perfusionali e cinetici consente di inquadrare i pazienti a differente rischio di eventi cardiaci acuti.

Lo studio del metabolismo miocardico è prerogativa della PET. Nell'ipossia miocardica, si diversifica il metabolismo glucidico e subentra il metabolismo anaerobico. La marcatura con il fluorodesossiglucosio marcato con fluoro 18 (18F-FDG) identifica aree miocardiche con flusso compromesso o ridotta cinetica di contrazione. La mancanza di perfusione e di attività metabolica è indice di tessuto necrotico, mentre una elevata concentrazione del radiofarmaco in un segmento ipoperfuso è indice di tessuto ancora in parte vitale.

Si esegue la scintigrafia con acido D-glucarico marcato con 99Tc nella discriminazione fra un infarto recente e un infarto avvenuto 12-18 ore prima. Esso evidenzia aree calde come zone infartuate già 1-2 ore dopo l'inizio del dolore toracico fino a 9-12 ore dopo l'insorgenza. Compete con il fruttosio e il glucosio per la captazione attiva da parte di cellule irreversibilmente ipossiche ma ancora vitali.

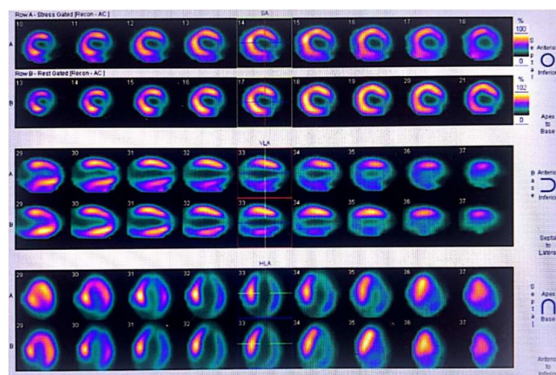


Fig 2.11. Ricostruzione dei tre assi principali del cuore

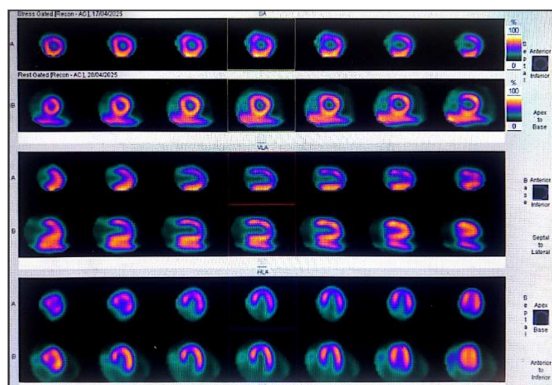


Fig 2.12. Ricostruzione dei tre assi principali del cuore

Capitolo 3: Il TSRM in emodinamica - Ruolo interventistico e tecnologie avanzate

3.1 Sala di emodinamica

Il laboratorio di emodinamica si occupa di eseguire angioplastica coronarica nel caso si tratti sia di sindromi coronariche acute sia nel caso di coronaropatia stabile. Esso ha subito continue evoluzioni: è passato da essere uno studio fisiopatologico a scopo diagnostico a uno studio di carattere anche terapeutico.

La sala angiografica è composta dall'angiografo fisso o portatile e accanto una sala comandi con i sistemi di acquisizione e revisione dell'immagine e postazioni di refertazione, archiviazione e lavaggio del personale addetto.

Il moderno angiografo è costituito da:

- tavolo porta paziente;
- uno stativo a C o a U, a pavimento o a soffitto, che consenta il movimento in base alla direzione che si vuole attuare sul fascio;
- tubo radiogeno;
- sistema di acquisizione diretta, visualizzazione, elaborazione e memorizzazione dell'immagine.

Il tavolo è radiotrasparente, deve consentire ampi movimenti ed esser dotato di un sistema di comandi adeguato a riprodurre tutte le proiezioni. Lo spazio fra lettino e angiografo deve anche essere ottimale ad eseguire manovre di rianimazione cardiopolmonare, in caso di necessità. È qui che si crea il campo sterile sul paziente e dove operano infermiere e medico emodinamista.

Lo stativo deve consentire movimenti di rotazione ed angolazione per esplorare le varie parti anatomiche interessate. Un generatore ad alta tensione fra gli 80 e 100 kW deve conferire le migliori prestazioni per eseguire una scopia pulsata e per erogare una dose ottimale dal tubo radiogeno.



Fig.3.1. Esempio di angiografo (Massimo Margheri, Diagnostica coronarica e cardiaca avanzata, Edizioni Minerva Medica 2011)

Il sistema di acquisizione diretta deve garantire una elevata risoluzione spaziale alle immagini, generalmente con due monitor flat panel su supporto mobile che visualizza le immagini in diretta. Le matrici di acquisizione sono 1024x1024 con frequenza di imaging di 25 frame al secondo. Al di fuori della sala interventistica, vi è una consolle adibita all'elaborazione e archiviazione delle immagini. Il formato di archiviazione delle immagini è DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Possono essere associati altri dispositivi per la quantificazione delle stenosi coronariche o della funzione ventricolare.

In sala angiografica devono anche essere presenti strumenti per la rianimazione cardiopolmonare, farmaci di emergenza, erogatore di ossigeno, kit di intubazione, ventilatore automatico, defibrillatore, sistemi di stimolazione cardiaca esterna e tutta la strumentazione per coronarografia e angioplastica. Ad oggi, l'iniettore di mezzo di contrasto utilizzato è automatico. È presente anche un sistema di misura delle emogasanalisi arteriose per valutare il livello di anticoagulazione. Il poligrafo monitora costantemente il segnale elettrocardiografico, pressione e saturazione sanguigna.

Il sistema di archiviazione è di tipo digitale. L'archiviazione nello spazio fisico avviene nel sistema PACS (*Picture Archiving and Communication System*).

È formato da:

- Archivio: è formato da dischi ottici e immagazzina informazioni provenienti dalle diverse attività. Si divide in una componente di memorizzazione a lungo e a breve termine;
- Workstation: costituisce l'interfaccia fra utente e operatore attua alla refertazione e alla visualizzazione delle immagini;
- Network: rende le immagini disponibili in formato elettronico.

In emodinamica vengono erogate fra le più alte dosi di radiazioni rispetto tutte le altre procedure diagnostiche radiologiche. Per questa ragione, l'operatore deve avere una conoscenza ottimale sia della radioprotezione sia della procedura. Il rischio di esposizione alle radiazioni in un determinato arco temporale è di due tipologie:

- stocastico: principalmente legato a un danno probabilistico e di tipo genetico. Più dose viene erogata, maggiore è la probabilità di subire un danno;
- deterministico: il danno è correlato a una dose soglia erogata.

I danni che si possono subire possono essere cataratta, rash cutanei, mutazioni genetiche fino a lesioni tumorali. Per fronteggiare ciò, si cerca di erogare una dose ottimale al fine di ottenere il solo esame diagnostico. Questa strategia è esplicitata nel principio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*). La dose si misura in:

- dose assorbita: misura il calore assorbito in un grammo d'acqua ed è espressa in Gray. 1 Gy corrisponde a un Joule di calore emesso in un chilo di tessuto;
- dose effettiva: si misura in Sievert (Sv) e misura il rischio di effetti biologici delle radiazioni ionizzanti nei diversi organi dell'uomo in base la loro radiosensibilità.

In sala emodinamica il 99% della dose erogata viene assorbita dal paziente, mentre il restante 1% passa dal paziente per arrivare all'amplificatore di brillanza. In generale, una coronarografia corrisponde a 4-21 mSv e una angioplastica a 9-29 mSv. Per l'operatore l'esposizione annuale alle radiazioni non deve superare i 20 mSv. Per ovviare a ciò il tecnico deve seguire buone norme come:

- radioprotezione;
- attuare tecniche di ottimizzazione del fascio, come, ad esempio, la collimazione e l'utilizzo di filtri;
- la scopia va eseguita solo in fase di visualizzazione allo schermo;

- utilizzare un pannello mobile di piombo da interporre fra operatore e paziente che è la fonte della radiazione scatter;
- utilizzare il dosimetro;
- mantenersi il più lontano possibile dalla sorgente in quanto la radiazione diminuisce inversamente proporzionalmente al quadrato della distanza.

La dose verso l'operatore aumenta anche col fatto che l'accesso è radiale e non più femorale.

Il laboratorio di emodinamica rappresenta un contesto altamente specializzato in cui il lavoro in equipe è fondamentale per garantire sia la sicurezza del paziente sia l'efficacia della procedura. Ogni professionista sanitario porta il proprio contributo specifico, e la sinergia tra le diverse figure (cardiologo interventista, TSRM, infermiere e personale tecnico) è essenziale per il successo dell'esame. La collaborazione si manifesta nella pianificazione, nell'esecuzione e nel monitoraggio di ogni fase della procedura, dal posizionamento del paziente all'acquisizione delle immagini, fino al controllo dei parametri vitali e alla gestione di eventuali complicanze.

In situazioni di emergenza, la capacità di comunicare in modo chiaro e immediato e di mantenere la calma diventa cruciale, consentendo all'équipe di intervenire rapidamente e coordinatamente. Ogni passaggio viene spesso verificato mediante check-list, strumenti che aumentano l'accuratezza e riducono il rischio di errori. L'attenzione ai dettagli e la piena cooperazione tra i membri del team non solo garantiscono la sicurezza del paziente, ma contribuiscono anche a ridurre lo stress operativo, assicurando che l'esame si svolga in modo fluido ed efficace, anche nelle situazioni più critiche.

3.2 Coronarografia

L'angiografia coronarica rappresenta una delle principali metodiche per la valutazione della malattia coronarica, pur presentando il limite di essere un esame esclusivamente luminale, che non consente di analizzare direttamente la funzionalità del miocardio o le caratteristiche della placca aterosclerotica. Essa permette di identificare la presenza

di stenosi coronariche e di descriverne la morfologia. La precisa localizzazione della lesione consente inoltre di valutare il rischio a cui il miocardio è esposto, mediante parametri sia quantitativi sia qualitativi.

Da ciò si possono classificare le lesioni in:

- A: semplici e con alta probabilità di successo
- B: moderatamente complesse e con moderata probabilità di successo
- C: complesse e con bassa probabilità di successo

I candidati all'esame coronarografico si dividono in:

1. Pazienti con coronaropatia stabile o sospetta:

- paziente ad alto rischio, ma con sintomatologia di angina lieve o moderata;
- paziente sopravvissuto ad arresto cardiaco;
- pazienti con gravi aritmie ventricolari;
- pazienti già sottoposti ad angioplastica o ad interventi chirurgici con angina moderata o severa;
- pazienti a rischio di coronaropatia;
- pazienti a rischio di stenosi anche dopo angioplastica.

2. Pazienti con sindrome coronarica acuta:

- Pazienti con angina ricorrente con instabilità emodinamica o elettrica;
- Pazienti a rischio intermedio o alto (alterazioni all'ecg e agli enzimi miocardici);
- Pazienti con dolore toracico e con eventuale evidenza di segni di ischemia;
- Pazienti stabili dopo l'insorgenza dei sintomi.

Non esistono controindicazioni assolute all'esame coronarografico, ma solo di tipo relativo. Alcuni esempi di esse sono:

- anemia grave;
- coagulopatie gravi;
- allergia al mezzo di contrasto;
- insufficienza cardiaca o renale;
- arteriopatia periferica;
- attacco ischemico cerebrale acuto;
- disionia sintomatica;
- endocardite infettiva;

- febbre;
- intossicazione digitalica;
- malattie gravi a prognosi incerta;
- infezioni;
- rifiuto del paziente al trattamento;
- sanguinamento gastrointestinale in atto;
- demenza;
- ipertensione.

3.3 Procedura d'esame

La procedura di coronarografia ha inizio con la raccolta del consenso informato da parte del paziente. È fondamentale spiegare l'esame in termini chiari e comprensibili, illustrando tutte le possibili complicanze. Una volta ottenuto il consenso, anche il medico responsabile deve apporre la propria firma.

La preparazione del paziente comprende la verifica delle indicazioni all'esame e il controllo dei dati anamnestici. Vengono valutati l'elettrocardiogramma, i polsi periferici, la saturazione di ossigeno e l'auscultazione di cuore e polmoni. Durante tutta la procedura, il paziente è costantemente monitorato per saturazione, pressione arteriosa e frequenza cardiaca, informazioni utili anche per la premedicazione, che ha scopo analgesico e ansiolitico. Questa consiste generalmente nella somministrazione di benzodiazepine, che consentono sedazione e rilassamento muscolare; in alcuni casi può essere aggiunto un antistaminico.

Successivamente, si prepara il paziente all'accesso vascolare, eseguendo una tricotomia e applicando un antisettico sulla sede scelta, che può essere l'arteria femorale (destra o sinistra) o l'arteria radiale (destra o sinistra). Sia l'accesso arterioso sia l'esecuzione della coronarografia vengono effettuati in campo sterile, per garantire la massima sicurezza del paziente.

Ad oggi si preferisce l'accesso radiale rispetto a quello femorale, in quanto si riducono le complicanze vascolari, come emorragie, ischemie, infarto miocardico e stroke, il paziente ha ripresa più rapida e non necessita di allettamento. L'arteria radiale è

facilmente comprimibile e questo agevola la procedura, soprattutto, nei pazienti con sindrome coronarica o affetti da arteriopatia periferica. D'altra parte, l'incannulazione in arteria radiale può essere fallimentare in quanto è un vaso di minor calibro rispetto un'arteria femorale e può presentare più spesso anomalie anatomiche, tortuosità o spasmi. Per il diametro di questa arteria, non si usano introduttori maggiori di 6 Fr e in questi casi il tempo di scopia aumenta. I candidati ad accesso radiale sono pazienti con buon polso e buon flusso dell'arteria ulnare verso l'arco palmare. Se non vi sono alterazioni in entrambi i polsi la scelta risulterà soggettiva, anche in base al lato di operatività. Un approccio all'arteria radiale sinistra permette il passaggio del catetere dalla succlavia all'aorta ascendente con meno tortuosità e permette di incannulare l'arteria mammaria sinistra con più facilità. Ciò permette la riduzione dei tempi di scopia, della durata dell'intervento e del numero di cateteri usati. Data la presenza di numerose anomalie anatomiche, non bisogna forzare l'avanzamento di guide o cateteri. Per facilitare il passaggio della guida in aorta ascendente, si fa passare durante un inspirio del paziente. La facilità di incannulazione verso la coronaria destra dipende dall'orientamento del piano aortico e dalla lunghezza dell'arco aortico. Si utilizzano cateteri specifici, sia per la coronaria sinistra che per la coronaria destra. Terminata la procedura diagnostica e/o interventistica, il paziente è tenuto in osservazione per alcune ore, monitorandone i parametri vitali. Eventuali complicanze che possono presentarsi dopo la procedura includono allergie farmacologiche o al mezzo di contrasto, ipotensione dovuta a disidratazione post-contrasto, emorragia associata a tachicardia e ipotensione, dolore in sede di puntura, dolore addominale, ematoma e trombosi dell'accesso vascolare, che può manifestarsi con un arto freddo e assenza di polsi periferici.

In assenza di complicanze, il paziente può essere dimesso in regime di day hospital, dopo aver ripreso conoscenza e con parametri vitali stabili. Tuttavia, in base alla complessità della procedura eseguita (angioplastica semplice o complessa), all'eventuale aggravamento delle condizioni cliniche o se i parametri vitali non risultano ancora stabili, il paziente può essere mantenuto in ricovero per uno o più giorni per monitoraggio e gestione clinica.

Il paziente candidato a procedure interventistiche, come l'angioplastica, deve inoltre essere sottoposto a terapia antiaggregante piastrinica, al fine di ridurre l'incidenza di eventi ischemici, inclusi infarto miocardico e trombosi dell'arteria trattata.

Per eseguire l'accesso transcutaneo radiale si palpano entrambi i polsi per esaminare la pulsazione. Si decide la lateralità in base al test di Allen. Quest'ultimo è eseguito dal medico emodinamista che deve comprimere sulla circolazione della mano a livello della comunicazione fra arteria radiale e ulnare sulla parte volare. Nel frattempo il paziente deve stringere il pugno. Quando la mano diventa pallida, si rilascia la compressione e si calcola il tempo in cui la mano diventa di nuovo rosea. La mano che impiega meno tempo è candidata all'accesso. È un test finalizzato anche al calcolo del rischio ischemico, infatti in buone condizioni la mano diventa rosea in 7 secondi. Una volta scelto il polso, la mano è posta in leggera dorsoflessione. Si palpa il polso con tre dita e si somministrano 1-2 cc di anestetico locale per via dermica. Si punge nel punto di massima pulsazione che corrisponde a 1 cm circa dal processo stiloideo con un'angolazione fra 30 e 60 gradi. Si utilizza un agocannula o un ago angiografico da radiale. Eseguito l'accesso, la cannula viene fatta avanzare finché si nota il reflusso di sangue arterioso nell'ago. Un ulteriore avanzamento permette alla cannula di avanzare all'interno dell'arteria. A questo punto si riduce l'angolo di entrata e con un piccolo movimento rotatorio la cannula raggiunge metà dell'arteria. Tolto l'ago e verificato il polso, la cannula può esser fatta avanzare ulteriormente.

Nell'utilizzo di ago, il kit è provvisto anche di guida metallica, mentre nell'ago cannula le guide presentano un rivestimento idrofilico. I rivestimenti idrofili possiedono il vantaggio di scorrere meglio, riducendo il rischio di vaso spasmo e fastidio per il paziente, ma possono facilmente uscire dall'arteria. Per questo motivo, di solito, non si esegue il punto di incisione con il bisturi. L'introduzione dell'ago cannula si esegue nel punto di massima pulsatilità, si toglie l'ago, ritirando la cannula lentamente per poi inserire la guida per l'introduttore. Invece, nell'utilizzo con ago angiografico si punge con un'angolazione di 45 gradi. Si avanza con piccole rotazioni fino a vedere il flusso. La guida, all'interno della cannula, deve scorrere senza difficoltà e serve a direzionare l'introduttore, una volta tolto l'ago. Eventuali complicanze nell'inserimento dell'ago cannula possono essere spasmi, tortuosità o stenosi aterosclerotiche. La guida deve raggiungere l'arteria succlavia, il cui avanzamento è seguito sotto guida fluoroscopica.

3.4 Coronarografia in presenza di by-pass venosi e arteriosi

La coronarografia in pazienti con bypass venosi o arteriosi è una procedura diagnostica finalizzata a valutare la pervietà dei graft e la circolazione coronarica nativa. Il bypass coronarico è un intervento chirurgico che crea un ponte tra un vaso sanguigno sano e l'arteria coronarica ostruita, permettendo al sangue di raggiungere il miocardio oltre la stenosi. Per la realizzazione dei graft si utilizzano generalmente la vena safena e l'arteria mammaria interna, con l'obiettivo di ripristinare un'adeguata perfusione cardiaca e ridurre i sintomi ischemici. In questi casi è preferibile eseguire la procedura con accesso in arteria radiale sinistra, in quanto consente un percorso più diretto e agevole verso l'arteria mammaria interna sinistra, facilitando la valutazione del bypass e riducendo tempi e difficoltà tecniche.

3.4.1 Angiografia dei bypass venosi

I graft venosi possono bypassare i tre rami coronarici. Se la descrizione dei by-pass non è nota o sono multipli, si preferisce eseguire prima un'aortografia. Ciò permette di ridurre la quantità di mezzo di contrasto da usare e il numero di manovre totali. Si inizia con una proiezione obliqua anteriore sinistra di 45°. Successivamente si inietta una quantità esigua di mezzo di contrasto per individuare il by-pass e il vaso nativo. L'anastomosi dei graft venosi è collocata sulla parete anteriore dell'aorta ascendente, qualche centimetro cranialmente i seni coronarici.

L'origine del graft per la coronaria destra si trova sopra l'ostio del vaso nativo e scorre poi inferiormente a esso. Si utilizza un catetere Multipurpose che a valle del graft viene arretrato e ruotato in senso orario fino a incannularlo selettivamente, dopo aver rimosso la guida. In caso di stenosi, bisogna iniettare lentamente il mezzo di contrasto e contro ruotare il catetere, in modo tale da visualizzare il tratto patologico. La proiezione migliore per visionare il graft venoso della coronaria destra e dell'arteria nativa è l'antero-posteriore craniale 30°.

In caso di graft per il ramo marginale ottuso si usa il catetere Judkins destro e si visualizza assieme al vaso nativo con una proiezione caudata destra 20°. È solitamente situato al di sopra e più a sinistra rispetto ai graft della coronaria destra.

I graft venosi per l'arteria interventricolare anteriore e per i rami diagonali si trova sulla parete anteriore dell'aorta, più craniale rispetto il graft per coronaria destra e più anteriore rispetto al graft per il ramo marginale. La proiezione più adatta a visualizzare questo tipo di graft e il suo vaso nativo è l'antero-posteriore craniale 30° e per visualizzare il punto di anastomosi distale la obliqua sinistra 40° craniale 30°.

3.4.2 Angiografia dei bypass arteriosi

L'arteria mammaria interna sinistra (AMIs) origina anteriormente alla parete caudale dell'arteria succlavia, a valle della vertebrale. Si incannula con il catetere Judkins destro con una rotazione antioraria. La proiezione migliore da eseguire è l'antero-posteriore o obliqua anteriore sinistra 40° per visualizzare meglio l'arco aortico. Una volta estratta la guida, si inietta il mezzo di contrasto, facendo retrarre leggermente il catetere. Questa tecnica permette di non dissezionare il vaso.

Le proiezioni e l'incannulazione in arteria mammaria destra è molto simile a quelli per l'arteria mammaria sinistra. Bisogna porre particolare attenzione a non inserire la guida in carotide comune destra.

Proiezioni	Vasi visualizzati
20° RAO	AMIs o graft venoso su ramo diagonale
0°AP-30°craniale	IVA nativa
40°LAO-30°craniale	IVA nativa distale
40°LAO	Graft venoso su cx
20°RAO-20°caudale	Graft venoso su cx distale
40°LAO	Graft venoso su ACD
0°AP-30°craniale	Graft venoso su ACD distale

3.5 Angioplastica

Dagli anni '90 l'angioplastica primaria (PPCI) è diventata la metodica di riperfusione gold standard nel trattamento dell'infarto miocardico con sopralivellamento del tratto ST (STEMI). Il trattamento di angioplastica primaria prevede il ripristino rapido del flusso sanguigno nella coronaria patologica tramite stenting. Per evitare la formazione di eventuali trombi e/o coaguli durante la procedura è necessaria una terapia anticoagulante e antiaggregante piastrinica, precedente il trattamento. Il principale farmaco utilizzato è l'eparina. L'obiettivo finale è quello di raggiungere nuovamente la maggior riperfusione tissutale possibile. Il trattamento è funzionale a lesioni limitanti il flusso con un diametro di stenosi compreso fra 50% e 90%.

Recentemente la rivascolarizzazione completa è stata favorita dallo sviluppo tecnologico e dalla diffusione di stent di nuova generazione in pazienti con stemi (ST Elevation Myocardial Infarction) e malattia multivasale.

L'impianto di stent riduce il rischio di re-occlusione del vaso ed infarto. Le linee guida della Società Europea di Cardiologia (ESC) raccomandano gli stent medicati (DES) da inserire per ogni tipo di lesione sia in pazienti con sindrome coronarica acuta sia in pazienti che hanno subito un infarto miocardico acuto. L'uso dei DES non è associato al rischio di morte o infarto miocardico fino tre anni la procedura e di trombosi nel primo anno dalla procedura. I DES più recenti presentano uno spessore delle maglie metalliche ridotto, più flessibilità, con profili più biocompatibili e una maggior cinetica di adesione alle pareti vascolari.

La scelta ideale al miglior stent da inserire si basa su polimero permanente o biodegradabile, spessore della maglia, cinetica del rilascio del farmaco, tipologia di lesione, presenza di trombi, dimensioni del vaso, rischio emorragico, possibile terapia antitrombotica a lungo termine. Gli stent medicati a polimero bioassorbibile e senza polimero portano a una riduzione degli eventi cardiovascolari tardivi. L'utilizzo di stent a sottili maglie, invece, ha ridotto la possibilità di eventi patologici, soprattutto, nei vasi di piccolo calibro. Nel caso di pazienti con presenza di trombi si utilizzano stent ad ampia superficie plastica per stabilizzare la lesione, seppure con un'aumentata incidenza di eventi trombotici. Lo stent al cromo-cobalto, non medicato, con una retina ultrasottile e flessibile di polietilene è utile nel caso di riduzione all'embolizzazione distale per evitare che i materiali risalgano nelle maglie. Studi condotti su pazienti con

infarto miocardico acuto hanno riportato una riduzione del rischio di no-reflow e un aumento di efficacia di ricanalizzazione del flusso finale. Gli stent a retina, invece, sono più associati a un rischio di restenosi.

Gli stent autoespandibili sono fondamentali nel trattamento dopo rottura della placca coronarica e successiva formazione di un trombo (sindrome coronarica acuta), nell'infarto miocardico acuto e nella procedura di tromboaspirazione. La presenza di trombi a livello del lume crea un maggior rischio di trombosi sub-acuta e tardiva, nel caso di mal posizionamento dello stent. Questo fenomeno è influenzato anche del fatto che la parete muscolare vasale patologica dopo l'evento acuto si rilassa, provocando vasodilatazione. Studi autoptici hanno dimostrato come numerosi casi di trombosi a 30 giorni dall'intervento siano dovuti a una incompleta apposizione dello stent. Il posizionamento di uno stent avviene tramite una guaina retraibile azionata da un mandrino a scorrimento. Il sistema di rilascio è a palloncino e la guaina è posta distalmente all'interno della quale vi è lo stent compresso. Quando viene applicata gradualmente una pressione massima di 12 atm a livello della guaina, essa si divide, facendo aprire lo stent. Prima del rilascio del palloncino il catetere guida è distanziato di almeno 2 cm per evitare un disaggancio della guaina stessa. Caratteristica ottimale di questo impianto è l'elasticità che conferisce un adattamento dello stent alle pareti coronariche. Lo stent continua ad espandersi nelle successive ore e giorni per adattarsi sempre meglio alle pareti vasali, anche una volta sciolto il trombo. Questo stent è applicabile a una lesione target di diametro luminale minimo di 2.0 mm e con una stenosi residua del 30%. Il diametro dello stent è scelto di mezza misura in meno rispetto il diametro del vaso target. Alla fine si esegue un ulteriore controllo radiografico, dopo aver iniettato del mezzo di contrasto, per assicurare la corretta posizione e dilatazione dello stent.

3.6 Tecnologie avanzate

Negli ultimi anni, accanto alla coronarografia convenzionale, sono state sviluppate tecniche avanzate che consentono una valutazione più accurata delle stenosi coronariche. L'angiografia tradizionale infatti fornisce una rappresentazione morfologica e luminale del vaso, ma non sempre permette di stabilire con precisione

l'impatto funzionale di una lesione. In questo contesto, metodiche come il Pressure Wire (Fractional Flow Reserve, FFR) e l'IVUS (Intravascular Ultrasound) e rappresentano strumenti fondamentali per integrare le informazioni anatomiche con dati funzionali ed emodinamici, migliorando la pianificazione terapeutica e l'appropriatezza dell'intervento.

Il Pressure Wire è un catetere guida dotato di sensore di pressione che si introduce all'interno della coronaria. Tramite un trasduttore elettromagnetico in punta si rileva la pressione intracoronarica a livello della lesione. Questa pressione va confrontata con la pressione arteriosa, stabilendo un valore tra il massimo flusso di sangue a valle della lesione e il massimo flusso di sangue in assenza della lesione. In questo modo si riesce ad indicare il grado di stenosi e l'indicazione o meno a procedere con la fase interventistica. Può essere eseguita in condizione di iperemia tramite l'utilizzo di Adenosina, un vasodilatatore che riduce le resistenze vascolari. In questo modo si ottiene un valore numerico, il Fractional flow reserve (FFR) che valuta la lesione sulla base delle due pressioni. Il limite delle metodiche con adenosina trattante è legato alla disfunzione del microcircolo che grava sui pazienti con infarto miocardico acuto che influenzano l'efficacia dell'adenosina, sottostimando la gravità della stenosi stessa. Esistono inoltre alcune controindicazioni all'uso di questo farmaco, come la presenza di blocchi atrioventricolari di grado avanzato, sindrome del nodo del seno, asma severa o broncospasmo, ipotensione marcata, scompenso cardiaco instabile o shock, oltre all'assunzione di farmaci antagonisti come teofillina e aminofillina. In questi casi è possibile ricorrere a metodiche alternative come l'iFR (instantaneous wave-free ratio), che consente di stimare la significatività funzionale della stenosi senza indurre iperemia farmacologica, basandosi sulla misurazione delle pressioni coronariche in diastole. Studi clinici hanno dimostrato un'ottima correlazione tra i valori di iFR e quelli di FFR, confermandone l'affidabilità.

L'IntraVascular Ultrasound (IVUS) è una metodica di imaging invasivo che ottiene informazioni sul calibro del vaso, aree di sezione, estensione, orientamento e composizione delle placche aterosclerotiche nella parete coronarica, studiandone la patologia dal vivo. Fu introdotta agli inizi degli anni '80. Si esegue in caso di immagini coronarografiche dubbie. Le zone più critiche sono placche presenti in ostio, in curva o in biforcazioni. Di fatto, rivela un possibile rimodellamento tissutale, quindi la reale estensione e severità della malattia anche in zone più difficoltose. Inoltre, può rivelare

anche placche instabili, depositi di calcio, dissezioni o falsi lumi. Di fondamentale aiuto è dopo l'inserzione dello stent per verificare i rapporti con il lume e con il vaso stesso.

Il catetere ha diametro di 2,5 Fr ed è portato in coronaria tramite un catetere guida di 6 Fr. Sono sempre somministrati nitrati intracoronarici al fine di diminuire gli spasmi. La porzione distale del catetere IVUS è formata dal trasduttore in cristallo piezoelettrico attraverso il quale si trasmettono gli ultrasuoni perpendicolarmente l'asse del vaso. Si utilizzano trasduttori da 20 o 60 MHz. Il primo riceve e genera il segnale con un solo trasduttore che ruota all'interno del catetere. Il secondo trasduttore ne utilizza molteplici che ricevono o generano il segnale ed è elettrico. La parte prossimale del catetere IVUS è collegata a uno strumento che ritira il trasduttore a velocità costante di 0,5 mm/sec e a una consolle che converte il segnale in immagine, archiviandola. Le immagini prodotte riguardano la sezione del vaso lungo il suo intero segmento o anche in sezione trasversale, permettendo una valutazione tomografica della placca, la sua tipologia ed estensione. Complicanze sono dovute a una difficoltosa inserzione del catetere in aree particolarmente tortuose o calcifiche.

L'imaging ottenuto evidenzia avventizia, media e intima del vaso coronarico. L'intima è ecobrillante. La media, essendo meno ecoriflettente, risulta meno iperecogena, rispetto agli altri due strati, da cui si distingue. Infine, l'avventizia è piuttosto ecogena. Si evidenzia uno spazio bianco esterno dovuto a miocardio e grasso perimiocardico, interrotto dai coni d'ombra del filo guida. Il lume è visto scuro, all'interno dell'intima.

Le misure quantitative si calcolano da intima a intima e da media a media dello stesso vaso e sono:

- diametro;
- area;
- lunghezza della lesione, misurabile con un ritiro del catetere a velocità costante;
- stenosi del vaso che corrisponde al rapporto percentuale tra area di placca e area del vaso;
- stenosi del lume (LAS) che corrisponde al rapporto percentuale fra area del lume e media dell'area del lume prossimale e distale;
- indice di simmetria dello stent che corrisponde al rapporto percentuale tra i diametri interni minore e maggiore dello stent;

- coefficiente di asimmetria della placca che corrisponde al rapporto percentuale fra spessore minimo e spessore massimo della placca in mm.

Ad esse, si aggiungono dati qualitativi sul rischio di progressione e destabilizzazione della placca.

Le placche si definiscono soffici quando presentano una ipoecogenicità rispetto l'avventizia, fibrose quelle a stessa ecogenicità e calcifiche quelle iperecogene. Le placche di più difficile interpretazione sono quelle lipidiche, poiché la loro ecogenicità è confusa con quella del tessuto fibroso. Esse sono le placche più vulnerabili che staccandosi possono portare a trombosi coronarica acuta a cui si rimedia con angioplastica. Il trombo si riconosce come vagante nel lume e con ecogenicità disomogenea e poco superiore a quella del sangue. La presenza del calcio, invece, si presenta con aree di intensa ecogenicità e coni d'ombra, visualizzandone anche la sua disposizione.

Attraverso l'IVUS si può anche descrivere l'orientamento della placca. Questo può essere eccentrico, quando vi è un arco nell'area vasale non intaccato da malattia; concentrico, quando non vi è presente quest'arco; asimmetrico, quando non vi è un arco di parete sana, ma la placca è comunque disomogenea.

L'IVUS, a differenza dell'angiografia, visualizza anche il rimodellamento del vaso e non solo la presenza di malattia nel vaso. Altra particolarità è che individua anche il calcio più superficiale, non solo quello profondo. È questo tipo di calcio che condiziona la terapia e la buona adesione di uno stent. Inoltre, consente di valutare l'efficacia dei trattamenti di pallone e stent e le loro relative complicanze di restenosi.

Il pallone deve avere lunghezza uguale al vaso lesionato e diametro pari al lume. Lo stent, invece, deve avere diametro pari a quello del vaso distale e lunghezza uguale a quella della stenosi. Di conseguenza le misurazioni ottenute tramite IVUS, che forniscono dati accurati sulla morfologia e sul calibro del vaso, rendono più agevole per l'emodinamista la scelta dei palloni e degli stent da impiegare, con un conseguente miglioramento della precisione e dell'efficacia della procedura.

La tecnica IVUS-VH (*virtual histology*) conferisce lo studio in vivo di morfologia e composizione delle placche in quattro differenti colori e non su una scala di grigi.

Sfrutta il segnale e l'ampiezza dell'ultrasuono per formare l'imaging. I colori sono assegnati su diversi spettri di radiofrequenza. Le aree si dividono in:

- verde associato a zone di tessuto fibrotico;
- giallo associato a zone di tessuto fibro-lipidico;
- rosso associato al core necrotico;
- bianco associato a zone calcifiche.

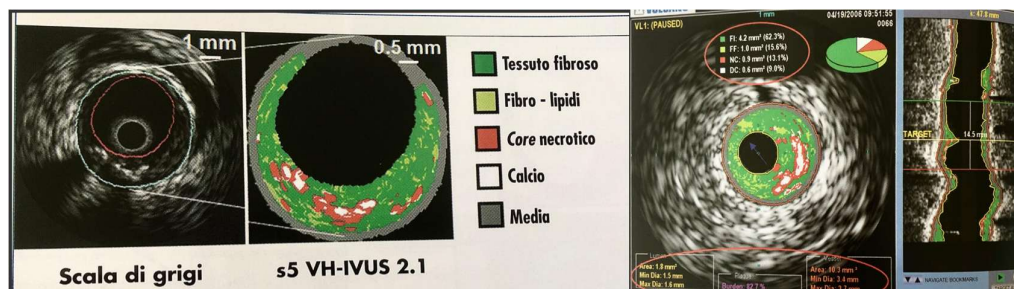


Fig. 3.2. Massimo Margheri, *Diagnostica coronarica e cardiaca avanzata*, Edizioni Minerva Medica 2011

Il vantaggio di riconoscere la tipologia di placca e di avere un imaging in tempo reale è utile nella scelta alla terapia. Inoltre, trattando lesioni non ancora critiche si prevencono eventuali complicanze. Principale svantaggio è la risoluzione spaziale relativamente ridotta con 20 MHz.

L'IVUS-VH rappresenta un'evoluzione dell'imaging intracoronarico che, oltre a fornire informazioni morfologiche sul lume e sulla parete vasale, consente una caratterizzazione composizionale della placca aterosclerotica. Questa tecnica, infatti, è in grado di distinguere le diverse componenti tissutali (fibrose, fibro-lipidiche, calcifiche e necrotiche), permettendo di identificare le cosiddette 'placche vulnerabili', maggiormente predisposte a rottura e trombosi. Tale capacità rende l'IVUS-VH uno strumento prezioso per la stratificazione del rischio e per guidare l'intervento terapeutico, supportando l'emodinamista nella scelta della strategia più appropriata. L'apporto del TSRM è fondamentale in questo contesto per garantire l'ottimale acquisizione e ricostruzione delle immagini, assicurando l'affidabilità dei dati e la loro corretta interpretazione clinica.

3.7 Ruolo del Tecnico Sanitario di Radiologia Medica e proiezioni angiografiche

In sala di emodinamica il tecnico sanitario di radiologia medica svolge un ruolo centrale e poliedrico. La sua professionalità è fondamentale sin dalle prime fasi della procedura: supporta la preparazione del paziente, verifica il corretto funzionamento delle apparecchiature e si assicura che la sala sia pronta secondo gli standard di sicurezza e sterilità. È inoltre coinvolto nella gestione e nell'ottimizzazione delle tecnologie avanzate utilizzate per la stima delle ostruzioni coronariche, garantendo la qualità delle acquisizioni e l'affidabilità dei dati. È il responsabile della radioprotezione, sia per il

paziente che per l'équipe, attraverso l'applicazione rigorosa delle norme di sicurezza e l'uso appropriato dei dispositivi di protezione. Tutte queste competenze si integrano all'interno di un lavoro di squadra multidisciplinare, dove la collaborazione e la comunicazione tra professionisti risultano determinanti per il buon esito della procedura.

In questo contesto si inserisce il compito specifico del TSRM nell'esecuzione delle proiezioni angiografiche, momento cruciale per lo studio accurato dell'albero coronarico.

Nella maggior parte dei laboratori di emodinamica, egli gestisce i movimenti dell'arco a C, ossia il sistema radiologico che ruota attorno al paziente. Attraverso l'esecuzione delle diverse proiezioni, ottenute modulando l'angolazione dell'arco, il tecnico permette di visualizzare l'albero coronarico da più punti di vista, riducendo le sovrapposizioni anatomiche e garantendo una valutazione completa delle lesioni. Le immagini così acquisite costituiscono la base su cui l'emodinamista formula la diagnosi e imposta la strategia terapeutica, sia diagnostica che interventistica. L'accuratezza del TSRM nella scelta e nella gestione delle proiezioni risulta quindi determinante per la qualità dell'esame e per il buon esito della procedura.

Le prime ad essere eseguite sono le proiezioni standard a cui possono esserne aggiunte varie per scrupolo del tecnico o del medico. Le proiezioni si identificano grazie a due punti di riferimento fondamentali quali la colonna vertebrale e le cupole diaframmatiche. Le proiezioni caudali vengono utilizzate per lo studio della parte

prossimale delle coronarie, mentre le proiezioni craniali sono utilizzate per lo studio delle parti medie e distali delle coronarie. In generale, si utilizzano tre proiezioni per la coronaria sinistra e due per la coronaria destra. Esistono anche proiezioni aggiuntive nel caso di anatomie più complesse o di sovrapposizioni dei rami coronarici. Per visualizzare le coronarie in modo ottimale si somministrano 6 cc di mezzo di contrasto per la coronaria destra a 3 cc al secondo e 8 cc per la coronaria sinistra a 4 cc al secondo tramite iniettori automatici o manualmente.

Le principali proiezioni angiografiche per la coronaria sinistra sono:

Proiezione	Vasi visualizzati
20°RAO-20° caudale	Tc e cx (fig.3.3)
0°AP-40° craniale	Iva, D (fig.3.4)
30°RAO-30°craniale	Iva (fig.3.5)
45° LAO-35° caudale (ragno)	Tc, iva prossimale e cx (fig.3.6)
45°LAO-30°craniale	Rami diagonali* (fig.3.7)
30°caudale	Cx, iva prossimale e tc (fig.3.8)

*si utilizza in caso di mancata visualizzazione dei rami diagonali in AP.

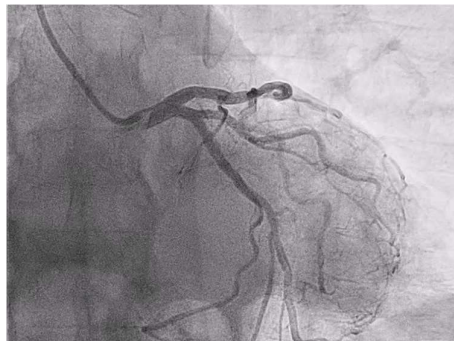


Fig 3.3. Proiezione angiografica della coronaria sinistra

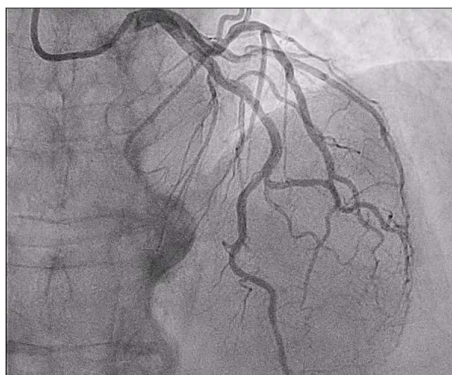


Fig 3.4. Proiezione angiografica della coronaria sinistra

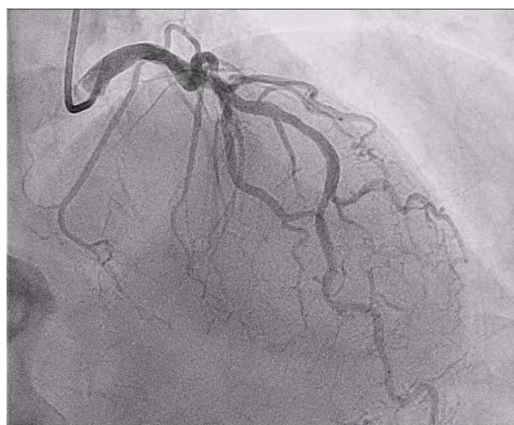


Fig 3.5. Proiezione angiografica della coronaria sinistra

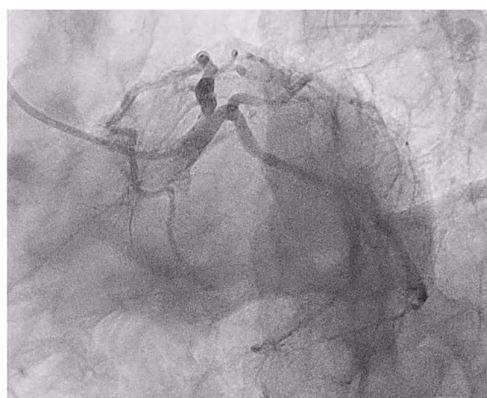


Fig 3.6. Proiezione angiografica della coronaria sinistra

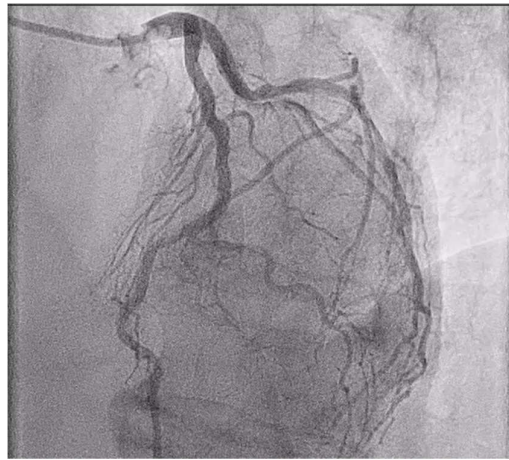


Fig 3.7. Proiezione angiografica della coronaria sinistra

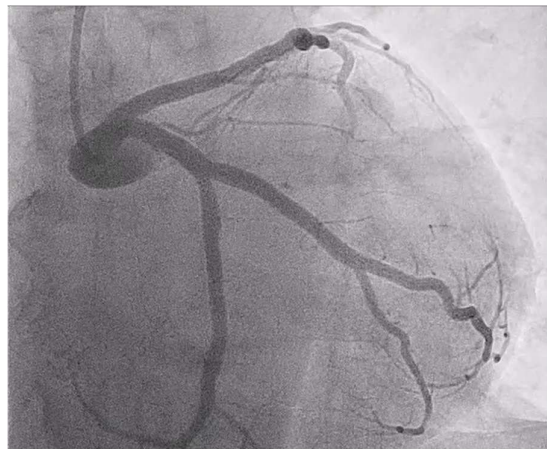


Fig 3.8. Proiezione angiografica della coronaria sinistra

Le principali proiezioni angiografiche per la coronaria destra sono:

Proiezione	Vasi visualizzati
40° LAO	CDx prossimale e media (fig. 3.9)
0° AP-30° craniale	CDx distale (fig. 3.10)
30° RAO	CDx prossimale e media (fig. 3.11)
0° AP-30° caudale	CDx (fig.3.12)

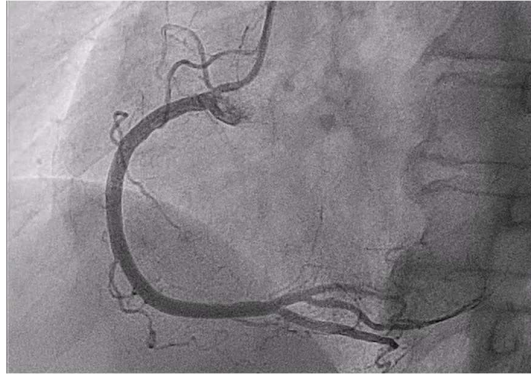


Fig 3.9. Proiezione angiografica della coronaria destra

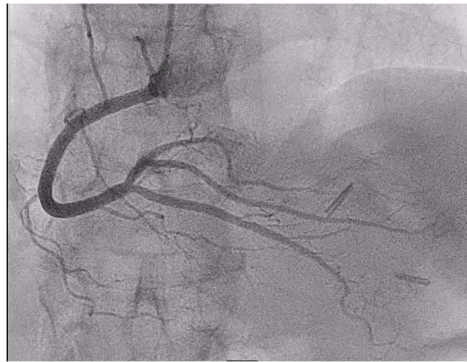


Fig 3.10. Proiezione angiografica della coronaria destra

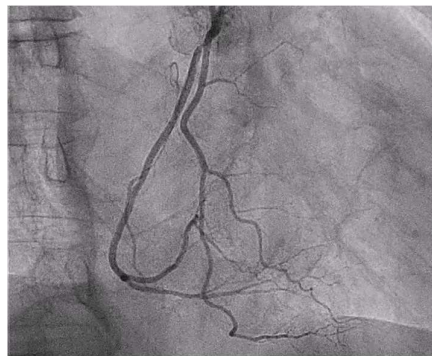


Fig 3.11. Proiezione angiografica della coronaria destra

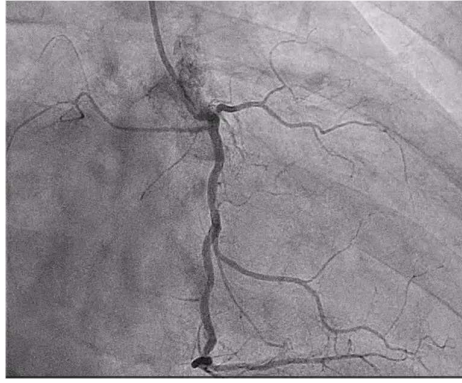


Fig 3.12. Proiezione angiografica della coronaria destra

Conclusioni

La prevenzione primaria e secondaria, basata sulla correzione degli stili di vita e sul controllo dei principali fattori di rischio (fumo, dislipidemia, ipertensione, diabete e sedentarietà) rimane un punto cardine nella riduzione dell'incidenza e delle complicanze della malattia. Accanto a questo, le terapie farmacologiche e le procedure diagnostico-terapeutiche costituiscono strumenti fondamentali per migliorare la prognosi dei pazienti.

Accanto alla prevenzione, un ruolo fondamentale è svolto dal percorso di diagnosi, trattamento e follow-up. Dopo un evento coronarico acuto o un intervento terapeutico, il paziente viene seguito attraverso controlli clinici e strumentali programmati (TC coronarica, risonanza magnetica cardiaca, scintigrafia miocardica, ecocardiografia e test da sforzo), indispensabili per valutare l'efficacia del trattamento, monitorare eventuali recidive e ottimizzare la terapia farmacologica. Il follow-up non ha solo una valenza clinica, ma anche educativa, poiché rappresenta un'occasione per rinforzare l'aderenza alle terapie e alle modifiche dello stile di vita.

All'interno di questo percorso multidisciplinare, la figura del Tecnico Sanitario di Radiologia Medica (TSRM) assume un ruolo centrale. Il TSRM garantisce la corretta esecuzione delle indagini diagnostiche (TC, RM e scintigrafia) ottimizzando la qualità delle immagini e riducendo al minimo la dose di radiazioni, quando presente. In emodinamica, partecipa attivamente alle procedure invasive, gestendo le apparecchiature, supportando l'emodinamista nelle tecniche di stima dell'ostruzione coronarica (IVUS, pressure wire) e assicurando la radioprotezione di pazienti e operatori. Inoltre, il TSRM è punto di riferimento diretto per il paziente, al quale offre supporto tecnico e umano, creando un ambiente di fiducia e sicurezza.

Uno sguardo al futuro mostra come la cardiologia interventistica si stia muovendo verso un'integrazione sempre maggiore di discipline e tecnologie. In questo scenario si colloca la sala ibrida di emodinamica, una realtà già presente in diversi centri ad alta specializzazione. Essa combina le caratteristiche di una sala operatoria e di una sala di emodinamica, consentendo di eseguire procedure complesse che uniscono approcci interventistici e chirurgici sullo stesso paziente. Il TSRM, in questo contesto,

è chiamato a un livello ancora più alto di competenza e responsabilità, dovendo gestire tecnologie multimodali avanzate e integrarsi in un'équipe interdisciplinare allargata.

In prospettiva, le innovazioni tecnologiche come l'imaging ad alta definizione, i software di intelligenza artificiale, le metodiche multimodali ibride, richiederanno al TSRM un aggiornamento costante e una crescente capacità di adattamento. La sua funzione non si limiterà all'aspetto tecnico, ma continuerà a essere centrale nella sicurezza, nella qualità diagnostica e nel supporto umano al paziente.

In conclusione, la figura del TSRM si conferma come elemento cardine nello studio e nella gestione della patologia coronarica. La sua competenza tecnica, unita alla capacità di lavorare in équipe e di porsi come riferimento per il paziente, lo rende indispensabile oggi e lo proietta come protagonista anche nelle sfide della cardiologia del futuro.

Bibliografia

- Alberto Menozzi, Ferdinando Varbella, Giuseppe Musumeci, Giuseppe Tarantini, Trattamento interventistico dell'infarto miocardico con ST sopraslivellato (STEMI), Edizioni Minerva Medica, 2018.
- Francesco Broccolo, Aterosclerosi, Springer, 2010.
- Giorgio Cittadini, Giuseppe Cittadini, Francesco Sardanelli, Diagnostica per immagini e radioterapia, VI Edizione, ECIG, 2008.
- Martini, Tallitsch, Nath, Anatomia Umana, VII Edizione, ediSES Edizioni, 2010.
- Massimo Margheri, Diagnostica coronarica e cardiaca avanzata, Edizioni Minerva Medica 2011.

Sitografia

- Cardiac MRI, <https://radiopaedia.org/home>