



ELSEVIER

Elenco dei contenuti disponibile su [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance

Homepage del giornale: www.sciencedirect.com/journal/jocmr

Linee Guida/Dichiarazione di Consenso

Curriculum basato sulle competenze per la risonanza magnetica cardiovascolare: dichiarazione di posizione della Società di Risonanza Magnetica Cardiovascolare (SCMR)[☆]Elsie T. Nguyen^{a,*}, Karen Ordovas^{b,1}, Phil Herbst^c, Rebecca Kozor^d, Ming-Yen Ng^e, Luigi Natale^f, Robin Nijveldt^g, Rodrigo Salgado^{h,i}, Felipe Sanchez^j, Dipan Shah^k, Jadranka Stojanovska^l, Anne Marie Valente^m, Mark Westwoodⁿ, Sven Plein^o^a University Medical Imaging Toronto, Peter Munk Cardiac Center, Toronto General Hospital, University of Toronto, Toronto, Canada^b University of Washington, USA^c Cardiology, Stellenbosch University, Sud Africa^d Royal North Shore Hospital, University of Sydney, Sydney, Australia^e Department of Diagnostic Radiology, The University of Hong Kong, Division Chief of Cardiac Imaging, HKU-Shenzhen Hospital, Cina^f Università cattolica, Roma, Italia^g Radboud University Medical Centre, Nijmegen, Olanda^h Antwerp University Hospital and University of Antwerp, Belgioⁱ Dept. of Radiology, Holy Heart Lier, Belgio^j Hospital Barros Luco Trudeau - Clinica Santa Maria, Santiago, Cile^k Division of Cardiovascular Imaging, Houston, TX, USA^l New York University-Langone Health, New York, NY, USA^m Harvard Medical School, Boston Children's Hospital, Brigham and Women's Hospital, Boston, MA, USAⁿ Centre for Cardiovascular Imaging, William Harvey Research Institute, Queen Mary University of London, Regno Unito^o British Heart Foundation Professor of Cardiovascular Imaging, University of Leeds, Regno Unito

INFO ARTICOLO

Parole chiave:

Risonanza magnetica cardiovascolare

Sicurezza in RM

Fisica in RM

Cardiomiopatia non-ischemica

Cardiopatía ischemica

Malattie del pericardio

Tumori Cardiaci

Aorta

Vasculiti

Valvulopatie

Cardiopatie congenite

Curriculum

Competenza

Anatomia e Fisiologia

ABSTRACT

Questa dichiarazione di posizione guida i direttori dei programmi di imaging di risonanza magnetica cardiovascolare (RMC) e gli studenti sulle competenze chiave richieste agli operatori RMC di Livello II e III, indipendentemente dal fatto che i tirocinanti provengano da un background di radiologia o cardiologia. Questo documento si basa su programmi di studio esistenti ed è stato creato e valutato da un panel internazionale di cardiologi e radiologi per conto della Società di Risonanza Magnetica Cardiovascolare (SCMR).

1. Introduzione e dichiarazione d'intenti

La risonanza magnetica cardiovascolare (RMC) ha registrato una crescita sostanziale negli ultimi 20 anni. Grazie ad una base di evidenze sempre più ampia [1–4], ai miglioramenti della tecnologia degli scanner e alle nuove tecniche [5–8], oltre all'evidenza dell'efficacia dei costi [9–

11], le linee guida internazionali per la pratica clinica raccomandano ora la RMC come indagine di imaging di prima linea per molte condizioni cardiovascolari [12,13]. Con l'aumento delle indicazioni per la RMC, lo specialista di imaging cardiaco contemporaneo deve avere conoscenze cliniche e competenze tecniche adeguate per poter fornire esami di RMC di qualità costantemente elevata in una gamma sempre più ampia di scenari clinici.

[☆] Con l'eccezione del primo e dell'ultimo autore, gli autori aggiuntivi sono elencati in ordine alfabetico per cognome.

* Autore corrispondente.

Indirizzo E-mail: elsie.nguyen@uhn.ca (E.T. Nguyen).

¹ Co-primo autore.

<https://doi.org/10.1016/j.jocmr.2023.100006>

Ricevuto il 27 Novembre 2023; Accettato il 10 Dicembre 2023

1097-6647/© 2024 Gli Autori. Pubblicato da Elsevier Inc. per conto della Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Questo è un articolo open access sotto la licenza CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

L'ampliamento delle indicazioni per la RMC necessita di una forza lavoro crescente e disponibile di specialisti di imaging cardiaco che possiedano le competenze di base per l'interpretazione indipendente della RMC, e di un gruppo di professionisti con un livello di esperienza tale da supervisionare i tirocinanti e dirigere i laboratori di RMC. Le linee guida SCMR per la formazione nella risonanza magnetica cardiovascolare [14,15] definiscono questi livelli di competenza: la competenza di base per l'interpretazione della RMC è indicata come formazione di livello II, ovvero una formazione specializzata progettata per fornire le competenze necessarie per interpretare in modo indipendente gli studi RMC (inteso come operatore indipendente). Il livello avanzato di competenza è indicato come formazione di livello III, una formazione avanzata per coloro che mirano a essere responsabili della gestione di un laboratorio RMC ed a fornire formazione in RMC (inteso come operatore avanzato).

Diverse altre linee guida e curricula hanno definito i requisiti minimi di formazione per l'interpretazione della RMC a livello locale, nazionale ed internazionale [16]. Questi documenti sono concepiti per garantire che i professionisti della RMC ricevano una formazione adeguata a utilizzare, eseguire e refertare la RMC in modo efficace. Sebbene siano distinte, tali raccomandazioni condividono molti temi comuni e coerenti, con differenze che dipendono in gran parte da fattori locali, dalla diversa prevalenza delle malattie, dalla disponibilità della RMC e di altre modalità di imaging, e dal ruolo della RMC nella pratica generale e nelle sottospecialità. Tuttavia, attualmente non esiste un documento completo basato sulle competenze che elenchi le abilità necessarie per l'interpretazione della RMC a livello di competenza di base e avanzata, applicabile a livello globale, aspetto che rappresenta l'obiettivo principale di questo documento.

Di conseguenza, questo documento curriculare mira ad assistere i responsabili/direttori di programma nella creazione o implementazione di un programma di formazione in RMC. Fornisce un quadro di obiettivi formativi di base essenziali per permettere ai professionisti di interpretare con successo gli studi RMC al termine del programma, e un quadro di obiettivi formativi raccomandati per ottenere una formazione avanzata in RMC. Il curriculum SCMR propone una formazione basata sulle competenze con una valutazione finale del programma. Questa guida è concepita per essere completa e rilevante a livello globale. Inoltre, il documento discute le differenze intrinseche nei precedenti curricula formativi di diverse specialità e suggerisce un approccio per armonizzarli.

Per garantire diverse rappresentanze e punti di vista, il gruppo di lavoro è stato scelto in conformità con le linee guida della SCMR [13]

selezionando membri con background in radiologia e cardiologia, inclusa la cardiologia pediatrica, e con una comprovata esperienza nella formazione in RMC. Ogni membro ha condotto una ricerca bibliografica nei curricula nazionali locali e nei documenti educativi, che sono stati poi condivisi e revisionati dal gruppo durante diverse videoconferenze. Il documento è stato suddiviso in sezioni, con ciascun membro del gruppo di lavoro che ha redatto una parte del documento. Attraverso il consenso, il documento combinato e la guida basata sulle competenze sono stati creati e approvati dall'intero gruppo di lavoro. Il documento è stato quindi revisionato dal Comitato per i Documenti Scientifici della SCMR prima dell'approvazione finale da parte del Comitato Esecutivo della società.

2. Competenza basata su conoscenze ed abilità come base per la formazione degli specialisti di imaging di livello II e III

Nonostante le differenze intrinseche tra società e paesi, la maggior parte delle linee guida per la formazione in RMC condivide elementi comuni. La SCMR ha precedentemente definito tre livelli di formazione: il Livello I definisce la formazione di base per i medici generici nei metodi e nelle indicazioni della RMC, necessaria per indirizzare e utilizzare la RMC nella gestione di routine dei pazienti. Il Livello II, o Operatore Indipendente (che sia cardiologo, radiologo o cardiologo pediatrico), definisce la formazione per gli specialisti in imaging cardiaco per raggiungere il livello di competenza richiesto per la pratica indipendente della RMC, inclusa la supervisione, l'analisi e la refertazione degli esami RMC comunemente incontrati nella pratica quotidiana, e comprende una conoscenza di base dell'ottimizzazione delle immagini e della fisica della risonanza magnetica. Il Livello III o formazione per Operatori Avanzati mira a raggiungere un livello superiore di competenza e abilità acquisite che consenta di gestire casi più complessi, inclusa la cardiopatia congenita. Inoltre, l'operatore di Livello III dovrebbe essere in grado di creare e supervisionare programmi completi di RMC per obiettivi clinici, educativi e di ricerca, implementando un sistema per misurare le metriche di qualità e formare e certificare altri professionisti nella RMC. Il Livello III si basa sulle conoscenze e competenze del Livello II, con ulteriori competenze elencate di seguito nella [Tabella 1](#).

Un elenco completo di obiettivi di apprendimento e risultati basati sulle competenze è fornito nella [Tabella 2](#). Lo scopo di questa tabella è assistere gli studenti e i direttori di programma nell'affrontare l'ampio contenuto educativo della RMC e concentrarsi sui concetti essenziali. Le competenze sono classificate come "conoscenze mediche" che includono la competenza in

Tabella 1

Competenze chiave di CMR per gli specialisti di imaging cardiovascolare di livello II e III.

Livello di Formazione	Definizione Basata sulle Competenze Chiave Acquisite
Livello II (Operatore Indipendente)	<p>Descrive le comuni sequenze di imaging RM utilizzate per la valutazione della funzione ventricolare e valvolare, dell'anatomia delle camere cardiache e dei vasi, della perfusione miocardica e della caratterizzazione tissutale, e riconosce le controindicazioni e i rischi della RM e della somministrazione di agenti di contrasto a base di gadolinio.</p> <p>Dimostra una comprensione della fisica della RM, inclusi i principi di acquisizione delle immagini e i fattori che influenzano la qualità delle immagini, come il rapporto segnale/rumore, la risoluzione spaziale e temporale e i compromessi con i tempi di acquisizione e di apnea. È in grado di supervisionare i tecnici RM e supportarli in caso di problemi tecnici nella generazione delle immagini.</p> <p>Comprende gli aspetti basilari della sicurezza in RM, incluse le controindicazioni alla RM, lo screening dei pazienti, la sicurezza dei dispositivi impiantati e gli aspetti di sicurezza relativi agli agenti di contrasto e da stress, così come le procedure di rianimazione nell'ambiente RM.</p> <p>Possiede una buona conoscenza delle indicazioni comuni per la RMC, relative a cardiomiopatie ischemiche e non ischemiche, masse cardiache, malattie pericardiche, imaging delle valvole, cardiopatie congenite di base ed è in grado di ottimizzare i protocolli di scansione per rispondere a specifiche domande cliniche.</p> <p>Comprende la fisiologia cardiaca di base e la fisiopatologia delle comuni malattie cardiovascolari, inclusa la loro gestione, i segni clinici e di laboratorio e il ruolo di altre modalità di imaging cardiovascolare.</p> <p>Sa utilizzare un software per analizzare tutti i tipi comuni di dati RMC, inclusi funzione ventricolare, valutazione del flusso, analisi del mapping parametrico, perfusione miocardica e riformattazione multiplanare delle angiografie RM.</p> <p>Definizione Basata sulle Competenze Chiave Raggiunte (in aggiunta alle competenze di Livello II)</p>
Livello III (Operatore Avanzato)	<p>Comprende il processo di accreditamento dei laboratori, inclusi i requisiti ed il mantenimento.</p> <p>Dimostra conoscenze e competenze avanzate relative a casi complessi, coprendo l'intero spettro delle indicazioni alla RMC, incluse le cardiopatie congenite, utilizzando protocolli di scansione RMC generali e specificamente personalizzati.</p> <p>Possiede una comprensione dettagliata della fisica della RM, inclusa l'ottimizzazione dei protocolli, le cause e la risoluzione degli artefatti comuni, nonché l'impostazione di protocolli di acquisizione efficienti.</p> <p>Mantiene una conoscenza approfondita della ricerca e dello sviluppo in RMC, comprese le innovazioni tecnologiche, la ricerca clinica, le indicazioni delle linee guida e le raccomandazioni pratiche.</p> <p>È in grado di creare e gestire un programma clinico di RMC, costruire un piano per il miglioramento di qualità della RMC, e sviluppare programmi educativi e piattaforme di ricerca</p>

Tabella 2
Obiettivi di Apprendimento e Competenze

Obiettivi di Apprendimento	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica Basata sui Sistemi
Fisica RM					
Descrivere i principi di base della generazione di immagini RM.	X	X	X		
Definire i concetti di base come rapporto segnale/rumore, risoluzione spaziale, temporale e di contrasto, media del segnale, tempo di acquisizione e di apnea, tecniche di accelerazione dell'immagine, campo visivo, matrice di imaging, gating cardiaco e respiratorio, e riconoscere i compromessi che spesso si verificano durante l'ottimizzazione dell'immagine.	X	X	X		
Descrivere cosa rappresentano i tempi T1 e T2 e cosa significa pesatura T1 o T2 (T1/T2-pesate).	X	X	X		
Descrivere il concetto di imaging "black blood" rispetto a "bright blood" e le sequenze di base spesso utilizzate nella RMC, come spin echo, double inversion recovery spin echo, gradient recalled echo, steady state free precession imaging, T1-weighted spoiled gradient recalled echo, contrasto di fase e e tagging miocardico.					
Elencare i metodi comunemente utilizzati per la soppressione del grasso.	X	X	X		
Descrivere come vengono generate le sequenze di mappatura parametrica e come possono aggiungere valore diagnostico per la certezza diagnostica e la prognosi.		X			
Elencare gli agenti di contrasto a base di gadolinio comunemente usati nella RMC, indicazioni e controindicazioni comuni, effetti collaterali e selezione del dosaggio basata sul peso del paziente.	X	X	X		
Descrivere i metodi per ottimizzare l'imaging della perfusione miocardica e dell'impregnazione tardiva di gadolinio e alcune sfide tecniche che possono ridurre la qualità dell'immagine.		X	X		
Descrivere varie sequenze di imaging utilizzate per l'angiografia RM ed elencare i metodi per l'ottimizzazione dell'immagine.		X	X		
Descrivere il concetto di imaging 4D Flow e alcune potenziali applicazioni cliniche.		X	X		
Elencare gli artefatti comuni, la loro base fisica e le soluzioni per minimizzarli.	X	X	X		
Comprendere le differenze tra RMC a 1.5 T e 3 T.	X	X	X	X	
Comprendere gli aspetti di base della sicurezza RM, incluse controindicazioni, screening dei pazienti, sicurezza dei dispositivi impiantati e aspetti di sicurezza relativi ai mezzi di contrasto e agli agenti di stress, nonché le procedure di rianimazione nell'ambiente RM.	X	X	X	X	
Comprensione avanzata della sicurezza RM, incluse regole locali e procedure operative standard per la RMC.		X	X	X	
	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica basata sui Sistemi
Competenze Cliniche					
Ha una buona conoscenza dell'anatomia e della fisiologia cardiaca e vascolare.	X	X	X	X	X
Avere una comprensione avanzata della fisiopatologia delle malattie cardiovascolari comuni e una conoscenza dettagliata della loro gestione, dei segni clinici e di laboratorio.	X	X	X	X	X
Comprendere le basi, le indicazioni e i rischi di altre modalità di imaging cardiovascolare, in particolare l'angiografia coronarica invasiva, l'ecocardiografia, l'imaging nucleare e la tomografia computerizzata (TC).	X	X	X	X	X
Avere un livello avanzato di conoscenza delle altre modalità di imaging cardiovascolare.		X	X	X	X
Conoscere la farmacocinetica degli agenti da stress utilizzati nella RMC, le loro controindicazioni e i rischi, e la gestione delle complicanze associate.	X	X	X	X	X
	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica basata sui Sistemi
Cardiopatía Ischemica					
Descrivere l'anatomia normale delle coronarie e del miocardio	X	X	X	X	
Riconoscere l'infarto miocardico cronico (sia del ventricolo sinistro che del ventricolo destro) utilizzando tecniche RMC comuni (come l'impregnazione tardiva di gadolinio).	X	X	X	X	
Descrivere il rimodellamento ventricolare dopo infarto miocardico cronico.	X	X	X	X	
Valutare la vitalità miocardica utilizzando tecniche RMC comunemente impiegate (come studi con dobutamina e impregnazione tardiva di gadolinio) e come applicarle clinicamente.	X	X	X	X	
Differenziare le cicatrici secondarie a infarto miocardico da altre cause comuni utilizzando l'impregnazione tardiva di gadolinio.	X	X	X	X	
Descrivere il ruolo e l'uso clinico della RMC di perfusione da stress utilizzando agenti vasodilatatori comuni (Adenosina, Regadenoson, Dipiridamolo).	X	X	X	X	

(continua nella pagina
successiva)

Tabella 2 (continuazione)

Obiettivi di Apprendimento	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica Basata sui Sistemi
Descrivere il ruolo e l'uso clinico della RMC da stress con dobutamina.	X	X	X	X	
Interpretare le anomalie nei test di ischemia, inclusi i difetti di perfusione al primo passaggio, le anomalie di cinesi segmentale e la disfunzione microvascolare	X	X	X	X	
Descrivere il ruolo e i limiti dell'imaging coronarico con RMC		X	X	X	
Descrivere il ruolo della RMC nella valutazione per la terapia con dispositivi complessi	X	X	X	X	
Descrivere il ruolo della RMC nella valutazione delle sindromi coronariche acute (SCA)	X	X	X	X	
Elencare e riconoscere i vari tipi di infarto miocardico utilizzando RMC (ad esempio infarto embolico)	X	X	X	X	
Descrivere le diagnosi differenziali delle SCA utilizzando RMC (miocardite, Tako-tsubo, MINOCA)	X	X	X	X	
Descrivere le diagnosi differenziali non cardiache delle SCA utilizzando RMC (come malattie dell'aorta e malattie polmonari)	X	X	X	X	
Descrivere i metodi e le tecniche per valutare l'edema miocardico	X	X	X	X	
Riconoscere, le complicanze dell'infarto miocardico (come trombo, formazione di aneurisma, difetto del setto interventricolare e rigurgito mitralico)	X	X	X	X	
Descrivere le tecniche di valutazione dell'ostruzione microvascolare con RMC e la relazione con il fenomeno del no-reflow	X	X	X	X	
Dimostrare la capacità di comunicare i risultati RMC ai clinici, fornendo informazioni chiare per il processo decisionale clinico	X	X	X	X	
Contribuire alle conferenze multidisciplinari sulla cardiopatia ischemica (CI)	X	X	X	X	X
	Livello II Operatore Indipendente	Livello III Operatore Avanzato	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica Basata sui Sistemi
Cardiomiopatie non Ischemiche					
Descrivere l'utilità delle diverse sequenze RMC per la valutazione delle cardiomiopatie non ischemiche, inclusi i loro punti di forza e le limitazioni	X	X	X	X	
Riconoscere i principali fenotipi morfologici e funzionali delle cardiomiopatie non ischemiche e le loro caratteristiche di imaging: cardiomiopatia ipertrofica, dilatativa, restrittiva ed aritmogena	X	X	X	X	
Elencare le condizioni non ischemiche comuni che possono presentare un fenotipo ipertrofico	X	X	X	X	
Riconoscere i diversi fenotipi di cardiomiopatia ipertrofica (CMI) e le loro caratteristiche alla RMC	X	X	X	X	
Descrivere i reperti RMC che forniscono informazioni prognostiche nei pazienti con HCM	X	X	X	X	
Descrivere le caratteristiche RMC del "cuore d'atleta"	X	X	X	X	
Riconoscere le caratteristiche RMC della cardiomiopatia ipertensiva	X	X	X	X	
Elencare le condizioni non ischemiche comuni che possono presentare un fenotipo restrittivo	X	X	X	X	
Descrivere i reperti tipici della RMC nell'amiloidosi cardiaca e nei suoi sottotipi (AL, ATTR)	X	X	X	X	
Riconoscere le caratteristiche RMC delle malattie infiltrative meno comuni (es. Fabry, sovraccarico di ferro)	X	X	X	X	
Descrivere il ruolo dell'imaging parametrico nella diagnosi differenziale delle cardiomiopatie infiltrative	X	X	X	X	
Elencare le condizioni non ischemiche comuni che possono presentare un fenotipo dilatativo (DCM)	X	X	X	X	
Descrivere i reperti RMC che forniscono informazioni prognostiche nei pazienti con DCM	X	X	X	X	
Riconoscere le caratteristiche generali della RMC relative alla cardiotoxicità da farmaci, inclusi farmaci oncologici (ad esempio disfunzione cardiaca correlata alla terapia oncologica)	X	X	X	X	
Descrivere le caratteristiche RMC tipiche della cardiomiopatia aritmogena ed i suoi criteri diagnostici [17,18]	X	X	X	X	
Riconoscere le presentazioni atipiche della cardiomiopatia aritmogena, come la malattia biventricolare o il coinvolgimento isolato del ventricolo sinistro (LV)	X	X	X	X	
Descrivere i reperti tipici della miocardite e conoscere i criteri diagnostici di infiammazione miocardica (criteri rivisti di Lake Louise) [19]	X	X	X	X	
Descrivere le caratteristiche delle cause emergenti di infiammazione miocardica, come la miocardite da COVID-19/vaccino COVID e la miocardite correlata alla terapia con immune-checkpoint inibitori [20,21]	X	X	X	X	
Descrivere le caratteristiche di imaging della cardiomiopatia indotta da stress (Tako-Tsubo)	X	X	X	X	
Riconoscere le caratteristiche RMC delle sindromi eosinofile, come la sindrome ipereosinofila e la granulomatosi eosinofila con poliangioite (EGPA)	X	X	X	X	
Riconoscere le caratteristiche RMC della cardiomiopatia peripartum	X	X	X	X	
Riconoscere le caratteristiche RMC delle malattie autoimmuni con coinvolgimento miocardico incluse le malattie del tessuto connettivo e le vasculiti	X	X	X	X	

(continua nella pagina successiva)

Tabella 2 (continua)

Obiettivi di Apprendimento	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica Basata sui Sistemi
Riconoscere le caratteristiche RMC della sarcoidosi cardiaca, inclusi i reperti che forniscono informazioni prognostiche	X	X	X	X	
Dimostrare la capacità di comunicare chiaramente i risultati della RMC per orientare la gestione del paziente ed il follow-up	X	X	X	X	
Contribuire alle conferenze multidisciplinari sulle malattie cardiache ereditarie	X Livello II Operatore Indipendente (OI)	X Livello III Operatore Avanzato (OA)	X Conoscenza Medica	X Assistenza al Paziente	X Pratica Basata sui Sistemi
Pericardio & Tumori e Masse:					
Riconoscere le condizioni comuni che colpiscono il pericardio, come la pericardite acuta, l'effusione pericardica, l'emopericardio, la calcificazione pericardica e la fisiologia costrittiva	X	X	X	X	
Elencare le sequenze RM ottimali usate per diagnosticare la fisiologia costrittiva, includendo i loro punti di forza e le limitazioni		X	X	X	
Descrivere l'aspetto tipico alla RMC delle masse cardiache comuni, dai trombi ai tumori	X	X	X	X	
Elencare le sequenze di imaging comuni che aiutano a caratterizzare le masse cardiache e a determinare la resecabilità, comprendendo i loro punti di forza e limitazioni	X	X	X		
Elencare le caratteristiche RMC che aiutano a differenziare le masse cardiache benigne da quelle maligne	X	X	X	X	
Descrivere come le tecniche emergenti come il mapping parametrico possano essere utili per la valutazione dei tumori		X			
Dimostrare la capacità di comunicare chiaramente i reperti complessi della RMC e fornire consigli adeguati sulla gestione e sul follow up	X	X	X	X	
	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	<u>Conoscenza Medica</u>	Assistenza al Paziente	Pratica Basata sui Sistemi
Vascolare (aorta e vasculite coronarica)					
Descrivere la normale anatomia dell'aorta	X	X	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> • Diametro • Ramificazione normale dell'arco aortico e varianti • Rami dell'aorta addominale • Rami terminali dell'aorta (flusso pelvico) 					
Descrivere le sequenze RM utilizzate per la valutazione dell'aorta:	X	X	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> • Spin echo • Gradient echo (steady state free precession and phase contrast flow imaging) • Angiografia-3D (con mezzo di contrasto e 3D-SSFP) 					
Dimostrare conoscenza nell'identificare le patologie aortiche:	X	X	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> • Aneurisma aortico (dimensione, localizzazione, eziologia: congenita vs acquisita) • Dissezione aortica (tipica vs atipica: localizzazione, estensione, complicanze) • Ulcera penetrante (localizzazione) • Aortite (localizzazione; estensione) • Post- chirurgia aortica: reperti attesi ed inattesi (deiscenza, rottura, leaks dell'endoprotesi) • Lacerazione aortica post-traumatica (localizzazione, estensione) 					
Dimostrare conoscenza nell'identificare origine e decorso delle arterie coronarie	X	X	X	X	
Dimostrare conoscenza nell'identificare vasculiti coronariche	X	X	X	X	
Descrivere le sequenze MR che possono identificare le coronarie prossimali	X	X	X	X	
Dimostrare la capacità di comunicare dettagli sull'anatomia e la fisiologia vascolare	X	X	X	X	
Contribuire alle conferenze multidisciplinari vascolari	X	X	X	X	X
	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica Basata sui Sistemi
Malattia Valvolare					
Descrivere la normale anatomia e funzione delle valvole cardiache ed il loro aspetto alla CMR	X	X	X	X	
Elencare le lesioni cardiovascolari più comuni associate a malattie delle valvole cardiache	X	X	X	X	

(continua nella pagina successiva)

Tabella 2 (continua)

Obiettivi di Apprendimento	Livello II Operatore Indipendente (OI)	Livello III Operatore Avanzato (OA)	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	Pratica Basata sui Sistemi
Elencare l'utilità delle diverse sequenze RMC per la valutazione dell'anatomia valvolare, della valutazione dinamica della funzione e della quantificazione della gravità di stenosi/rigurgito, inclusi i loro punti di forza e le limitazioni	X	X		X	
Spiegare il ruolo complementare della RMC, ecocardiografia e TC nella valutazione delle malattie valvolari e sapere dove la RMC aggiunge valore	X	X		X	
Descrivere i metodi per acquisire i piani di immagine per una quantificazione accurata dei flussi per ciascuna delle valvole cardiache	X	X		X	
Conoscere i parametri ottimali per l'ottimizzazione delle sequenze di flusso e le strategie per ridurre gli artefatti	X	X		X	
Riconoscere l'aspetto anomalo della coaptazione e dell'escursione dei lembi valvolari, i getti rigurgitanti e accelerati nelle immagini cine	X	X		X	
Descrivere gli adattamenti cardiaci nella stenosi o rigurgito valvolare, inclusi i cambiamenti nei volumi, nello spessore della parete e nella funzione	X	X	X	X	
Riconoscere le caratteristiche anomale del tessuto miocardico che possono essere osservate nelle malattie valvolari (ad esempio amiloidosi, fibrosi)	X	X	X	X	
Descrivere i metodi di post-processing utilizzati per la quantificazione volumetrica e di flusso utilizzando software disponibili in commercio	X	X		X	
Descrivere i metodi standard per quantificare la frazione rigurgitante valvolare utilizzando dati di flusso e volumetrici della RMC	X	X		X	
Riconoscere l'aspetto RMC delle complicanze post-operatorie più comuni dopo sostituzione valvolare		X		X	
Descrivere tecniche RMC avanzate per la valutazione delle valvole, come il tracking valvolare e il 4D flow		X		X	
Elencare le sequenze ed i metodi di quantificazione nella pianificazione RMC per la sostituzione valvolare trans-arteriosa della valvola polmonare, aortica e mitrale		X		X	
Dimostrare la capacità di comunicare chiaramente i risultati nel contesto di altre tecniche di imaging, in particolare l'ecocardiografia	X	X	X	X	
Contribuire alle conferenze multidisciplinari sulle malattie valvolari cardiache	X Livello II Operatore indipendente (OI)	X Livello III Operatore avanzato (OA)	X Conoscenza Medica	X Assistenza al Paziente	X Pratica Basata sui Sistemi
Cardiopatie Congenite:					
Descrivere l'anatomia e la fisiologia delle cardiopatie congenite più comuni	X	X	X	X	
Riconoscere le varianti anatomiche non patologiche	X	X	X	X	
Descrivere un approccio all'anatomia segmentale e alle caratteristiche morfologiche nei pazienti con cardiopatie congenite		X	X	X	
Descrivere le procedure chirurgiche utilizzate per riparare le cardiopatie congenite comuni e le loro complicanze o sequele attese		X	X	X	
Applicare le conoscenze per orientare gli interventi da attuare nei pazienti con cardiopatie congenite		X	X	X	
Riconoscere le diverse eziologie nell'ingrandimento del cuore destro	X	X	X	X	
Descrivere i diversi metodi per calcolare la frazione di shunt (Qp/Qs)		X	X	X	
Descrivere i metodi per calcolare la frazione di rigurgito valvolare, riconoscendo limitazioni tecniche ed insidie	X	X	X	X	
Descrivere gli aspetti unici della quantificazione delle dimensioni e della funzione delle camere ventricolari nei pazienti con cardiopatia congenita		X	X	X	
Riconoscere l'importanza dell'indicizzare le dimensioni delle camere ventricolari e dei grandi vasi rispetto alla superficie corporea	X	X	X	X	
Dimostrare la capacità di comunicare dettagli sull'anatomia e la fisiologia della patologia congenita		X	X	X	
Partecipare a conferenze multidisciplinari sulle cardiopatie congenite	Livello II Operatore Indipendente	Livello III Operatore Avanzato	Conoscenza Medica	Assistenza al Paziente	X Pratica Basata sui Sistemi
Reperti Extra-Cardiaci (reperti comuni e gestione):					
Riconoscere le limitazioni della RMC nel caratterizzare con certezza i reperti extra-cardiaci incidentali e sapere quando raccomandare ulteriori esami di imaging se necessario	X	X	X	X	
Dimostrare conoscenza nell'identificare l'anatomia normale del collo e le patologie comuni, come noduli tiroidei e linfonodi	X	X	X	X	X

(continua nella pagina successiva)

Table 2 (continua)

Obiettivi Formativi	Livello II Praticante indipendente (PI)	Livello III Praticante Avanzato (PA)	Conoscenza Medica	Cura del Paziente	Pratica basata sui sistemi
Dimostrare competenza nell' identificazione della normale anatomia e comuni patologie del torace:	X	X	X	X	X
• Polmone (es masse)					
• Pleura (es versamento, ispessimento)					
• Mediastino (es linfonodi, masse)					
• Stutture ossee (es masse)					
• Parete Toracica (es masse)					
Dimostrare competenza nell' identificazione della normale anatomia e comuni patologie dell' addome superiore:	X	X	X	X	X
• Fegato (es cisti, masse)					
• Milza (es cisti, masse)					
• Reni (es cisti, masse, idronefrosi)					
• Surreni (es masse)					
• Colecisti (es calcoli, masse)					
• Altro (es linfonodi, ascite)					
Capacità di gestione:					
Comprendere gli aspetti chiave del rimborso RMC					
Dimostrare conoscenza dei metodi di valutazione della qualità					
Dimostrare capacità di guidare un team multi-disciplinare di RMC		X	X	X	X
Essere consapevoli dei criteri di appropriatezza attuali per la RMC rispetto ad altre modalità	X	X	X	X	X

fisica medica e nel contesto clinico della RMC, "Assistenza al paziente", che rappresenta tutti gli aspetti di come la RMC influisce sulla gestione dei pazienti, e "Pratica basata sui sistemi" che si riferisce al ruolo della RMC nel contesto di sistema più ampio di assistenza sanitaria, e nell'uso efficace delle risorse per fornire un'assistenza sanitaria ottimale.

3. Approccio ai programmi formativi

3.1. Programmi formativi attuali per la RMC

A livello mondiale esistono varie definizioni delle competenze chiave. Ad esempio, negli Stati Uniti d'America (USA), il Consiglio di Accredimento per l'Istruzione Medica dei Laureati (ACGME) ha indicato 6 competenze fondamentali che costituiscono i cardini dell'educazione e della valutazione dei tirocinanti:

- 1) Conoscenza medica
- 2) Apprendimento e miglioramento basati sulla pratica (PBLI)
- 3) Cura del paziente e competenze procedurali
- 4) Pratica basata sui sistemi
- 5) Competenze relazionali e comunicazionali
- 6) Professionalità

Nel Regno Unito e in Europa sono stati sviluppati e utilizzati sistemi come le Capacità nella Pratica (CiPs) o le Attività Professionali Affidabili (APA) nel Curriculum Core di Cardiologia della Società Europea di Cardiologia (ESC) [22]. Questi sistemi si concentrano sulla definizione delle attività che un professionista può essere considerato affidabile nell'eseguire. La Società Europea di Radiologia (ESR) affronta il curriculum di formazione in tre ambiti: conoscenza, abilità e competenze/abilità, molto simile all'approccio dell'ACGME [23,24]. In Canada, le competenze CanMEDS offrono un contesto per curricula basati sulle competenze, incluse quelle di esperto medico, collaboratore, leader, sostenitore della salute, studioso e professionista [25,26]. Esistono molti altri approcci nazionali e regionali e, nonostante le differenze nella struttura e nel formato, le conoscenze e le competenze di base richieste per la formazione avanzata in CMR condividono molti componenti comuni tra i diversi approcci.

Questo documento di SCMR utilizza il quadro delle competenze chiave dell'ACGME e il concetto di CiPs/APA per creare un documento con validità globale per l'educazione e la valutazione dei tirocinanti nelle competenze chiave, consentendo loro di essere pienamente qualificati per supervisionare, valutare e interpretare la RMC.

3.2. Istruire tirocinanti in RMC di differenti estrazioni

I tirocinanti in RMC provengono tipicamente da due principali ambienti di formazione: radiologia e cardiologia, inclusa la cardiologia pediatrica, con differenze intrinseche nell'ambito delle competenze e abilità acquisite nei loro programmi di formazione complessivi.

Globalmente, esistono differenze nell'organizzazione dei programmi formativi e nella descrizione precisa delle competenze coinvolte. Tuttavia, è spesso presente una struttura simile, con un inizio mediante un periodo di tirocinio generale in cardiologia o radiologia, seguito da un periodo di formazione specialistica. Un programma di formazione RMC di alta qualità deve considerare queste differenze, garantendo un livello adeguato di competenza/capacità ed esperienza nell'interpretazione degli esami.

Per i Livelli II e III di competenza in RMC, una formazione di imaging cardiaco multimodale è auspicabile sia per i radiologi che per i cardiologi. I curricula di formazione in radiologia sono per definizione multimodali e includono la TC cardiovascolare e la RM come parti integranti. Tuttavia, la formazione avanzata è solitamente offerta come una fellowship in imaging cardiotoracico, in combinazione con l'imaging polmonare, o una fellowship in imaging cardiovascolare, in combinazione con l'imaging vascolare periferico. In cardiologia, la maggior parte dei programmi formativi che includono la RMC offrono anche l'ecocardiografia e frequentemente la TC o Medicina Nucleare. Recentemente sono emerse fellowship di imaging multimodale com-

plete, pensate per i tirocinanti di cardiologia interessati a una carriera principalmente nell'imaging, che includono una formazione completa in queste 4 modalità. Lo sviluppo di competenze di imaging multimodale sia in radiologia che in cardiologia offre opportunità di comprensione dei punti di forza e dei limiti delle diverse modalità, supportando la scelta della metodica migliore in base al quesito clinico [27].

Oltre ai requisiti per il Livello II, le competenze e abilità specifiche del Livello III possono essere raggiunte con una fellowship dedicata alla RMC, oppure come parte di un programma di formazione multimodale o svolgendo attività ricerca dedicata alla RMC. I programmi di formazione in imaging cardiaco di Livello III sono solitamente offerti da centri ad alto volume, ove il volume e la diversità di casi supportano una formazione completa dei tirocinanti. In un centro ad alto volume, la formazione per raggiungere il Livello III dura tipicamente 12 mesi, ma può variare in base al volume di casi e all'esperienza locale per raggiungere gli obiettivi di apprendimento basati sulle competenze. Tuttavia, alcuni programmi di certificazione per esperti avanzati richiedono 2 anni aggiuntivi di formazione dedicata alla RMC per ottenere la certificazione avanzata.

3.3. Tenere conto delle differenze di volume e casistica

La valutazione dell'adeguatezza della formazione dovrebbe basarsi sulle competenze o capacità piuttosto che sul raggiungimento di un numero specifico di casi di RMC. Il tempo totale di formazione e il numero di casi affrontati aiutano a standardizzare l'esperienza formativa e l'esposizione minima richiesta per ottenere la competenza, ma la realtà è più complessa, con diversi fattori che meritano considerazione.

In primis, il numero di casi spesso rappresenta il volume minimo necessario per raggiungere la competenza, senza tener conto dei differenti progressi dei tirocinanti nelle varie fasi di apprendimento.

Inoltre, la diversità dei casi è spesso regionale, poiché la patologia locale e lo spettro delle malattie riscontrate dagli specialisti in imaging cardiaco possono variare significativamente da un centro all'altro. La formazione in centri con un volume di casi inferiore o senza accesso diretto alla guida di un esperto di imaging cardiaco di livello III potrebbe richiedere periodi di formazione più lunghi o l'integrazione dei casi osservati/acquisiti con materiale di formazione aggiuntivo o sessioni educative.

Inoltre, la supervisione e il mentoring da parte di specialisti in imaging cardiaco di livello III e di esperti delle malattie del territorio, così come la disponibilità dei tutor durante le sessioni di scansione, variano tra i diversi centri. Questa variabilità dovrebbe essere presa in considerazione quando si pianificano programmi di formazione locali, in particolare nelle aree con scarsità di specialisti RMC accreditati. La pandemia di COVID-19 ha spinto l'apprendimento virtuale online, e le piattaforme online possono essere utilizzate anche per insegnamenti didattici, assistenza nello sviluppo e nella selezione dei protocolli, supporto per l'acquisizione, l'analisi e l'interpretazione delle immagini [15] per coloro che desiderano approfondire la RMC in assenza di competenze locali. Tuttavia, questo non può sostituire completamente una formazione pratica nell'ambito clinico.

Infine, come delineato nelle tabelle delle competenze principali, l'estensione e profondità della conoscenza e delle esperienze richieste per i livelli II e III saranno differenti. Quindi, per dimostrare la competenza di livello III potrebbero essere necessarie l'esposizione a e la conoscenza di patologie meno frequenti, cosa che può essere più difficile in certi centri di formazione.

Questi fattori dovrebbero essere considerati nella pianificazione delle valutazioni di competenza. Una valutazione rigida e standardizzata dei registri dei casi tende a enfatizzare eccessivamente il numero di casi registrati e potrebbe non riflettere queste sfumature. Refertare e discutere casi archiviati selezionati per integrare la diversità dei casi, frequentare corsi RMC o partecipare a eventi formativi presso altri centri o promossi da società di imaging come la SCMR può aiutare ad aumentare l'esposizione necessaria per raggiungere i traguardi formativi.

3.4. Schemi proposti per la formazione di livello III (PA, praticanti avanzati)

Ogni curriculum di formazione di livello III dovrebbe enfatizzare le applicazioni più complesse della RMC e l'analisi di malattie cardiache complesse. È previsto che un praticante di livello III si concentri maggiormente sull'integrazione in un team multidisciplinare e sfrutti le competenze avanzate sia della cardiologia che della radiologia.

Un curriculum completo di livello III dovrebbe prevedere un mentoring diretto da parte del direttore del laboratorio o di altri supervisori, incluso per gli aspetti commerciali e amministrativi della gestione di un laboratorio di RMC. Questo potrebbe includere il coinvolgimento nell'acquisto di nuove apparecchiature, la gestione del personale, lo sviluppo dei protocolli e i programmi di miglioramento delle prestazioni (PI)/valutazione della qualità (QA). Indipendentemente dal metodo di finanziamento sanitario (privato o pubblico), la conoscenza dei sistemi locali e dei metodi di rimborso è fondamentale per un programma RMC di successo, soprattutto considerando il panorama in continua evoluzione dei sistemi di rimborso in ambito medico.

La solida conoscenza dei criteri di appropriatezza e qualità è inoltre fondamentale per un futuro direttore di laboratorio e dovrebbe essere inclusa nella formazione di livello III. Questi elementi comprendono, ma non si limitano a, la verifica delle indicazioni, la valutazione dell'appropriatezza della metodica scelta per il problema clinico specifico, la pianificazione tecnica dell'esame (compreso lo sviluppo dei protocolli e l'ottimizzazione delle immagini), la formazione e la supervisione dei tecnici sanitari di radiologia medica, l'elaborazione dei dati ottenuti, la refertazione dei risultati, le questioni legate alla sicurezza della risonanza e l'appropriata conservazione a lungo termine e accessibilità delle immagini RMC e dei dati post-processati.

Questo documento mira a facilitare il processo, potenzialmente lungo e complesso, di revisione critica e potenziale modifica del curriculum di formazione RMC ad opera dei direttori dei programmi. Le competenze fondamentali ACGME elencate nella [Tabella 2](#) facilitano le valutazioni dei tirocinanti per garantire il raggiungimento di traguardi specifici di apprendimento, e di identificare le lacune di conoscenza in una fase precoce del processo di formazione, quando possono essere affrontate più facilmente.

4. Sfide nello sviluppo di un programma formativo in RMC

4.1. Differenze nelle politiche sanitarie nazionali e locali

Questo documento mira a stabilire standard internazionali per la formazione e l'educazione in RMC. Si riconosce che esistono significative variazioni nelle politiche sanitarie tra i diversi paesi, con importanti differenze nei requisiti per i medici specialisti che eseguono la RMC, nell'accesso alle apparecchiature RM e nei diritti di fatturazione per gli esami RM; tuttavia, la discussione e le soluzioni proposte per le sfide pratiche specifiche legate alle politiche locali sono al di fuori dello scopo di questo documento. L'obiettivo di questo documento è fornire indicazioni per lo sviluppo di programmi di formazione in RMC che siano diffusamente applicabili. Si auspica la collaborazione tra scuole di radiologia e cardiologia, e le possibilità di percorsi comuni sono ulteriormente discusse nella [Sezione 5](#).

4.2. Cardiopatie congenite e cardiopatie congenite nell'adulto

La RMC è una modalità di imaging importante per la diagnosi e il monitoraggio di varie cardiopatie congenite, grazie alla sua capacità di valutare tridimensionalmente l'anatomia e di analizzare la funzione valvolare e ventricolare. Diverse società hanno pubblicato documenti che descrivono le indicazioni, la valutazione e l'uso della RMC per questo particolare gruppo di pazienti [28,29]. Tuttavia, acquisire le competenze necessarie per le cardiopatie congenite (CHD) e le cardiopatie congenite dell'adulto (ACHD) può essere difficile nella pratica. L'esperienza in RMC per CHD/ACHD può richiedere un periodo di formazione dedicato in un centro specializzato per raggiungere l'interpretazione indipendente di tali casi.

Non è richiesto che un professionista di livello II in RMC per adulti sappia eseguire e refertare studi complessi di CHD, ma è atteso che conosca i principi fondamentali della RMC nella valutazione di questi pazienti, e che sappia riconoscere anomalie di base da indirizzare a una valutazione più specialistica, se necessario [29]. Questa conoscenza supporterà la valutazione iniziale e l'identificazione di anomalie per cui sia necessaria una valutazione avanzata altamente specializzata [29]. Per i professionisti di livello III, è altamente auspicabile la conoscenza approfondita della preparazione, monitoraggio e interpretazione della RMC per le cardiopatie congenite pediatriche e dell'adulto.

Inoltre, il livello di competenza richiesto per un lavoro a lungo termine come specialista di livello III può dipendere dalle esigenze locali, poiché spesso le cure pediatriche e avanzate per l'ACHD vengono fornite in ospedali e centri sanitari dedicati. Questo limita l'esposizione (continua) degli specialisti di livello III alle CHD, a meno che non lavorino in un centro esperto in CHD; ciò solleva anche la questione della necessità di una competenza approfondita nelle CHD, in base all'ambiente di lavoro.

La valutazione di competenza degli specialisti in imaging cardiaco di livello II e III nelle CHD dovrebbe includere la preparazione, esecuzione e interpretazione dei casi di RMC. Idealmente, i casi dovrebbero essere esaminati con un docente RMC esperto in CHD. I tirocinanti possono anche essere incoraggiati a presentare casi di CHD in conferenze multidisciplinari e a mantenere un registro elettronico di tutti gli studi congeniti eseguiti e interpretati. Dove manca l'esperienza locale nelle CHD, cercare la consulenza di altri esperti nella stessa regione, partecipare a corsi (sia in presenza che online) o svolgere mini-fellowship può essere un'alternativa praticabile per acquisire, interpretare e analizzare la RMC nei casi di CHD.

5. Collaborazione tra cardiologia e radiologia

I direttori dei programmi e i programmi di formazione dovrebbero enfatizzare quando possibile la sinergia positiva tra cardiologi e radiologi che lavorano nel campo della RMC, sia a livello locale che nazionale e internazionale, per favorire accessibilità e appropriatezza della RMC. Molti programmi di RMC di successo hanno specialisti in imaging cardiaco provenienti sia dalla radiologia che dalla cardiologia come praticanti indipendenti o avanzati, che lavorano insieme in un ambiente collaborativo e collegiale. Questo offre un ambiente ideale per i tirocinanti, permettendo loro di vedere le prospettive di entrambe le specialità e di beneficiare dei punti di forza di entrambi i percorsi formativi [30]. Tutto ciò rappresenta anche la realtà attuale della comunità RMC più ampia, dove la pratica collaborativa tra cardiologia e radiologia è enfatizzata nei principali incontri nazionali e internazionali.

Un approccio sinergico così positivo identifica quindi i modi in cui un programma di formazione RMC completo e di alta qualità dovrebbe essere adattato (si veda la sezione sottostante). La Fig. 1 descrive i percorsi formativi comuni in RMC per i tirocinanti in cardiologia e radiologia. Si tratta, tuttavia, di un esempio non esaustivo né esclusivo, poiché molti altri fattori, come la varietà dei casi e l'esperienza locale, sono importanti nello sviluppo di un

programma di questo tipo.

Date le variazioni locali nel volume dei casi, nella diversità e nell'esperienza dei supervisori, la durata della formazione può variare.

La collaborazione tra radiologia e cardiologia in un programma di formazione può assumere diverse forme, comprendendo discussioni settimanali dei casi, partecipazione a team multidisciplinari, ecc. Un altro esempio sono le rotazioni elettive, in cui i tirocinanti di radiologia e cardiologia possono trascorrere un periodo di formazione presso l'altro dipartimento. È importante poter esporre i tirocinanti alle prospettive di entrambe le specialità. Idealmente, i programmi di formazione in RMC dovrebbero includere docenti di entrambe le specialità, quando possibile, per formare sull'esperienza di lavorare in squadra, migliorando la comprensione dei casi complessi e la cura dei pazienti [30].

6. Identificazione e possibili soluzioni per le differenze nei training specifici

Questo curriculum di formazione basato sulle competenze dovrebbe servire come un quadro fondamentale per progettare un programma locale, tenendo conto della combinazione unica di fattori, tra cui partecipanti con diverse esperienze di formazione, variazioni individuali nelle competenze e il livello di esposizione precedente ai casi clinici prima di entrare nel programma di formazione. L'obiettivo finale è produrre professionisti di imaging con competenza di livello II e III in RMC.

Per raggiungere questo obiettivo vanno considerate le differenze tra le competenze di base dei tirocinanti cardiologi e radiologi quando entrano nella formazione in RMC, e l'adattamento del programma educativo alle esigenze degli studenti. Data la loro formazione principalmente clinica, i tirocinanti in cardiologia più probabilmente necessiteranno di formazione supplementare in fisica della RM, ottimizzazione dei protocolli, anatomia e patologia extra-cardiaca. Le lacune tecniche possono essere colmate con esperienze pratiche supervisionate sull'uso degli scanner, coinvolgendo tecnici, radiologi, fisici medici e professionisti esperti di RMC. La piattaforma educativa di SCMR fornisce esteso materiale per integrare questi aspetti formativi. La maggior parte dei programmi di formazione considera questa una parte obbligatoria del loro curriculum.

Al contrario, i tirocinanti in radiologia hanno una formazione tecnica e un background più vasti nell'imaging cardiotoracico, e potrebbero beneficiare di contenuti educativi sulla fisiopatologia cardiaca, sull'eccardiografia, sui parametri che definiscono gli esiti clinici e sulle linee guida terapeutiche relative alla gestione delle malattie cardiovascolari. Tale formazione potrebbe essere fornita dai reparti di cardiologia, durante gli incontri multidisciplinari e con la partecipazione a congressi di cardiologia. Inoltre, la piattaforma educativa SCMR e i documenti SCMR sono altre fonti utili di informazioni sull'uso della RMC in diversi scenari clinici.

Sessioni di refertazione congiunta tra tirocinanti cardiologi e radiologi con docenti o consulenti possono contribuire a colmare eventuali lacune di conoscenza e abilità, rafforzando collaborazione e sinergia tra le discipline di radiologia e cardiologia. Inoltre, la lettura congiunta o doppia di casi di

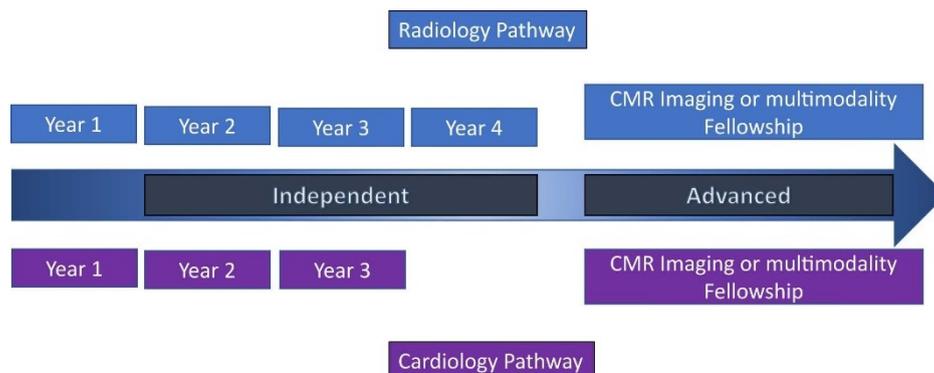


Fig. 1. Percorsi basati sulle competenze per la formazione di Livello II e III in RMC.

RMC può ottimizzare la refertazione di riscontri incidentali non cardiaci e l'interpretazione dei reperti cardiovascolari nel contesto clinico. Le sessioni di lettura congiunta che coinvolgono cardiologia e radiologia possono anche facilitare la revisione di precedenti rilevanti esami di imaging multimodali (ecocardiogrammi, TC, angiografia invasiva, ecc.) per ottenere una comprensione più completa e contestualizzata di uno studio RMC.

Un approccio basato sul lavoro di squadra per l'esperienza pratica con lo scanner, che potrebbe coinvolgere tecnici, fisici medici/ingegneri e il direttore del laboratorio, aumenta il livello di comprensione e la profondità della conoscenza. L'esperienza pratica per la scansione e l'acquisizione di immagini per il conseguimento dei Livelli II e III è molto utile per colmare le lacune nella formazione e dovrebbe essere fortemente incoraggiata. Inoltre, l'esposizione a diversi produttori di RMC e, quindi, a diverse piattaforme e interfacce di scanner dovrebbe essere incoraggiata per il Livello III, al fine di facilitare una comprensione più approfondita dei punti di forza e dei limiti delle diverse piattaforme dei fornitori. Per entrambi i Livelli II e III, la discussione e la presentazione dei risultati in conferenze di casi clinici multidisciplinari offrono un'esperienza di apprendimento ricca, facilitando lo sviluppo di preziose abilità di presentazione e interpretazione.

7. Curriculum didattico e altre risorse di apprendimento

Parte del curriculum di formazione per i Livelli II e III può essere svolta tramite la revisione di casi dal vivo, ma un curriculum didattico completo è fondamentale per integrare eventuali lacune nella supervisione della formazione o nella diversità dei casi. Un curriculum didattico dovrebbe includere lezioni tenute da esperti locali, eventualmente integrate con webinar, offerte educative delle società scientifiche e partecipazione a convegni scientifici annuali. La formazione online, i webinar e i simulatori possono essere supporto didattico in programmi a volume più basso, per integrare l'esperienza in applicazioni RMC meno comuni. Un elenco di risorse educative è fornito nella sezione Supplementare.

7.1. Certificazione e verifica della formazione

La certificazione è un processo attraverso il quale un tirocinante che ha completato la formazione richiesta può richiedere una lettera di certificazione o verifica da enti nazionali o società internazionali di imaging, come la SCMR.

SCMR emette lettere di verifica (precedentemente chiamate 'lettere di certificazione') per i Livelli I, II e III. Secondo le linee guida SCMR, pubblicate nel 2000 e aggiornate nel 2007 e 2018 [14,31], solo i tirocinanti che hanno completato i requisiti educativi SCMR possono ricevere lettere di verifica. Anche altre società di imaging, come la Società Nord-Americana di Imaging Cardiovascolare (NASCI), offrono lettere di verifica della formazione in RMC, in collaborazione con la Società Americana di Radiologia (ACR) e la Società di Radiologia Pediatrica (SPR). Negli USA, nel 2019 è stato istituito il Certification Board in Risonanza Magnetica Cardiaca (CBCMR) per la certificazione delle competenze per l'esecuzione indipendente di RMC. Per i radiologi, l'American Board of Radiology fornisce la certificazione dopo che i radiologi hanno superato sia un esame di base in radiologia generale sia un esame di sottospecialità, detto esame di accreditamento, solitamente effettuato durante o dopo la fellowship. In Europa, sia l'Associazione Europea di Imaging Cardiovascolare (EACVI) che la Società Europea di Radiologia Cardiovascolare (ESCR) offrono un esame di certificazione per documentare la competenza in RMC. Gli esami europei sono opzionali nella maggior parte dei paesi, ma possono essere richiesti in alcune istituzioni per scopi di accreditamento.

Tutti i direttori dei programmi di formazione devono valutare le competenze dei loro tirocinanti durante e alla fine del periodo di formazione, per garantire che abbiano acquisito le conoscenze e le abilità necessarie per praticare in modo competente e autonomo. Questo avviene spesso durante la revisione dei casi con i tirocinanti e mediante un attento esame dei loro referti di imaging RMC,

valutando la loro capacità di protocollare in modo appropriato gli esami e monitorare i casi allo scanner, ecc. Gli esami in corso di formazione possono essere un utile complemento alla valutazione della competenza dei tirocinanti attraverso test standardizzati [27]. Infine, il completamento di programmi di formazione dedicati all'imaging RMC che seguono le raccomandazioni di questo documento di competenza potrebbe servire come prova di una formazione adeguata, soprattutto nei paesi in cui mancano meccanismi di certificazione per RMC.

8. Riassunto

La rapida crescita ed espansione della RMC richiedono che i programmi di formazione adottino un curriculum completo per soddisfare la crescente esigenza di specialisti in imaging cardiaco di livello II e III con una comprensione di base e avanzata di tutti gli aspetti della RMC. Poiché continuano a emergere nuove tecnologie, efficaci e con un impatto sulla gestione clinica, le raccomandazioni per la formazione evolveranno. Gli elementi fondamentali di questo documento rimarranno alla base della competenza per i livelli II e III, mentre futuri aggiornamenti di questo curriculum di formazione seguiranno l'emergenza di nuove evidenze che orientano le migliori pratiche nella RMC.

Questo curriculum basato sulla competenza aggiunge valore alle Linee Guida del Curriculum SCMR del 2018 [14], prevalentemente basate sul volume di casi. Incoraggiamo l'adozione di questo curriculum per un'esperienza formativa con un livello standardizzato di competenza per i tirocinanti in cardiologia e radiologia che perseguono una formazione di base e avanzata in RMC. L'obiettivo finale di questo documento è promuovere lo sviluppo di una forza lavoro in RMC competente in radiologia e cardiologia, al fine di soddisfare le esigenze di un campo in rapida espansione.

Dichiarazioni degli autori

- Ming-Yen Ng - Ha ricevuto finanziamenti educativi da GE, Bayer, Lode, TeraRecon, Circle CVI, Arterys. Fa parte del Bureau dei relatori per Circle CVI, GE Healthcare e Boehringer Ingelheim.
- Mark Westwood – Fondatore/Direttore di MyocardiumAI.

“Questo lavoro rappresenta una pubblicazione ufficiale della SCMR ed è stato approvato dal Comitato Esecutivo della SCMR. Non è stato sottoposto a revisione paritaria da parte del JCMR.”

Dichiarazione di contributo degli autori secondo CRediT

Rodrigo Salgado: Scrittura, revisione e modifica. **Felipe Sanchez:** Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Dipan Shah:** Scrittura, revisione e modifica. **Jadranka Stojanovska:** Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Anne-Marie Valente:** Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Elsie T. Nguyen:** Concettualizzazione; Curazione dei dati; Analisi formale; Metodologia; Amministrazione del progetto; Supervisione; Validazione; Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Mark Westwood:** Concettualizzazione; Curazione dei dati; Analisi formale; Metodologia; Amministrazione del progetto; Supervisione; Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Karen G. Ordovas:** Concettualizzazione; Curazione dei dati; Analisi formale; Metodologia; Amministrazione del progetto; Risorse; Supervisione; Validazione; Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Sven Plein:** Supervisione; Scrittura, revisione e modifica. **Phil Herbst:** Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Rebecca Kozor:** Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Ming-Yen Ng:** Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica. **Luigi Natale:** Scrittura, revisione e modifica. **Robin Nijveldt:** Scrittura, bozza originale; Scrittura, revisione e modifica.

Dichiarazione di conflitto di interessi

Gli autori dichiarano di non avere interessi finanziari concorrenti noti o relazioni personali che potrebbero aver influenzato il lavoro riportato in questo articolo.

Bibliografia

- [1] Leiner T, Bogaert J, Friedrich MG, Mohiaddin R, Muthurangu V, Myerson S, et al. SCMR Position Paper (2020) on clinical indications for cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2020;22:76.
- [2] The SCMR Board of Trustees. Clinical practice of cardiovascular magnetic resonance: position statement of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2019;21:78.
- [3] Ordoas KG, Baldassarre LA, Bucciarelli-Ducci C, Carr J, Fernandes JL, Ferreira VM, et al. Cardiovascular magnetic resonance in women with cardiovascular disease: position statement from the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR). *J Cardiovasc Magn Reson* 2021;23:52.
- [4] Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, Amsterdam E, Bhatt DL, Birtcher KK, et al. 2021 AHA/ACC/AASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR guideline for the evaluation and diagnosis of chest pain: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2021;144:e368–454.
- [5] Doherty JU, Kort S, Mehran R, Schoenhagen P, Soman P, Dehmer GJ, et al. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2019 appropriate use criteria for multimodality imaging in the assessment of cardiac structure and function in nonvalvular heart disease: a report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and the Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:488–516.
- [6] Messroghli DR, Moon JC, Ferreira VM, Grosse-Wortmann L, He T, Kellman P, et al. Clinical recommendations for cardiovascular magnetic resonance mapping of T1, T2, T2* and extracellular volume: a consensus statement by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) endorsed by the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI). *J Cardiovasc Magn Reson* 2017;19:75.
- [7] Kotecha T, Martinez-Naharro A, Boldrini M, Knight D, Hawkins P, Kalra S, et al. Automated pixel-wise quantitative myocardial perfusion mapping by CMR to detect obstructive coronary artery disease and coronary microvascular dysfunction: validation against invasive coronary physiology. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:1958–69.
- [8] Raman SV, Markl M, Patel AR, Bryant J, Allen BD, Plein S, et al. 30-minute CMR for common clinical indications: a Society for Cardiovascular Magnetic Resonance white paper. *J Cardiovasc Magn Reson* 2022;24:13.
- [9] Petrov G, Kelle S, Fleck E, Wellhofer E. Incremental cost-effectiveness of dobutamine stress cardiac magnetic resonance imaging in patients at intermediate risk for coronary artery disease. *Clin Res Cardiol* 2015;104:401–9.
- [10] Pletscher M, Walker S, Moschetti K, Pinget C, Wasserfallen J-B, Greenwood JP, et al. Cost-effectiveness of functional cardiac imaging in the diagnostic work-up of coronary heart disease. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes* 2016;2:201–7.
- [11] Ge Y, Pandya A, Steel K, Bingham S, Jerosch-Herold M, Chen Y-Y, et al. Cost-effectiveness analysis of stress cardiovascular magnetic resonance imaging for stable chest pain syndromes. *JACC Cardiovasc Imaging* 2020;13:1505–17.
- [12] Gatti M, Carisio A, D'Angelo T, Darvizeh F, Dell'Aversana S, Tore D, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries patients: a review. *World J Cardiol* 2020;12:248–61.
- [13] Fyaz S, Olabintan O, David S, Plein S, Alfakih K. ESC guidelines on stable chest pain: a comparison of the previous and current risk scores for the assessment of pre-test probability of coronary artery disease. *Eur Heart J* 2020;41:ehaa946.1371.
- [14] Kim RJ, Simonetti OP, Westwood M, Kramer CM, Narang A, Friedrich MG, et al. Guidelines for training in cardiovascular magnetic resonance (CMR). *J Cardiovasc Magn Reson* 2018;20:57.
- [15] Patel A, Kelle S, Fontana M, Jacob R, Stojanovska J, Collins J, et al. SCMR level II/independent practitioner training guidelines for cardiovascular magnetic resonance: integration of a virtual training environment. *J Cardiovasc Magn Reson* 2021;23.
- [16] Pakkal M, Dennie C, Hague CJ, Manos D, Nguyen ET, Pi Y, et al. National core and advanced cardiac imaging curricula: a framework from the Canadian Society of Thoracic Radiology Education Committee. *Acad Radiol* 2023;30:2418–21.
- [17] Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D, Basso C, Bauce B, Bluemke DA, et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the Task Force Criteria. *Eur Heart J* 2010;31:806–14.
- [18] Corrado D, Perazzolo Marra M, Zorzi A, Boffagna G, Cipriani A, Lazzari MD, et al. Diagnosis of arrhythmogenic cardiomyopathy: the Padua criteria. *Int J Cardiol* 2020;319:106–14.
- [19] Ferreira VM, Schulz-Menger J, Holmvang G, Kramer CM, Carbone I, Sechtem U, et al. Cardiovascular magnetic resonance in nonischemic myocardial inflammation: expert recommendations. *J Am Coll Cardiol* 2018;72:3158–76.
- [20] Kelle S, Bucciarelli-Ducci C, Judd RM, Kwong RY, Simonetti O, Plein S, et al. Society for

Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) recommended CMR protocols for scanning patients with active or convalescent phase COVID-19 infection. *J Cardiovasc Magn Reson* 2020;22:61.

- [21] Ferreira VM, Plein S, Wong TC, Tao Q, Raisi-Estabragh Z, Jain SS, et al. Cardiovascular magnetic resonance for evaluation of cardiac involvement in COVID-19: recommendations by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2023;25:21.
- [22] Tamer FC, Brooks N, Fox KF, Gonçalves L, Kearney P, Michalis L, et al. ESC core curriculum for the cardiologist. *Eur Heart J* 2020;41:3605–92.
- [23] European Society of Radiology (ESR), European Association of Nuclear Medicine (EANM). Multimodality imaging training curriculum-general recommendations. *Insights Imaging* 2011;2:99–101.
- [24] European Society of Radiology (ESR). Resident education in radiology in Europe including entrustable professional activities: results of an ESR survey. *Insights Imaging* 2023;14:139.
- [25] Jippes E, van Engelen JML, Brand PLP, Oudkerk M. Competency-based (CanMEDS) residency training programme in radiology: systematic design procedure, curriculum and success factors. *Eur Radiol* 2010;20:967–77.
- [26] Thoma B, Karwowska A, Samson L, Labine N, Waters H, Giuliani M, et al. Emerging concepts in the CanMEDS physician competency framework. *Can Med Educ J* 2023;14:4–12.
- [27] Narula J, Chandrasekhar YS, Dilsizian V, Garcia MJ, Kramer CM, Malik S, et al. COCATS 4 task force 4: training in multimodality imaging. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:1778–85.
- [28] Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosn JA, Bozkurt B, Broberg CS, Colman JM, et al. 2018 AHA/ACC guideline for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2019;139:e698–800.
- [29] Sachdeva R, Valente AM, Armstrong AK, Cook SC, Han BK, Lopez L, et al. ACC/AHA/ASE/HRS/ISACHD/SCAI/SCCT/SCMR/SOPE 2020 appropriate use criteria for multimodality imaging during the follow-up care of patients with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee and Appropriate Use Criteria Task Force, American Heart Association, American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, International Society for Adult Congenital Heart Disease, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Pediatric Echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2020;75:657–703.
- [30] Nagpal P. Collaborations between cardiology and radiology on the development of clinical programs (cardiac imaging). *J Am Heart Assoc* 2019;8:e013660.
- [31] Kramer CM, Hundley WG, Kwong RY, Martinez MW, Raman SV, Ward RP. COCATS4 task force 8: training in cardiovascular magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:1822–31.

Traduttori Responsabili:

Isabella Leo, MD, PhD

Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale,
Università degli Studi Magna Graecia, Catanzaro, Italia

Camilla Calvieri, MD, PhD

Dipartimento di Scienze Cliniche Internistiche, Anestesiologiche e Cardiovascolari, Università di Roma “La Sapienza”, Roma, Italia

Elisabetta Tonet, MD

Divisione di Cardiologia,
Azienda Ospedaliero-Universitaria di Ferrara, Ferrara, Italia

Camilla Tortlasco, MD, PhD

Dipartimento di Cardiologia, Centro di Imaging Cardiovascolare Integrato,
IRCCS Istituto Auxologico Italiano, Milano, Italia

Revisori Responsabili:

Andrea Baggiano, MD, PhD, FESC, FEACVI

Dipartimento di Cardiologia Peri-Operatoria e Imaging Cardiovascolare,
Centro Cardiologico Monzino IRCCS, Milano, Italia

Andrea Cardona, MD, PhD, FACC, FSCMR

Servizio di Diagnostica Cardiovascolare Avanzata,
Cardiologia Riabilitativa e Sportiva
Ospedale Media Valle del Tevere, USL Umbria 1, Todi (Pg), Italia
Chair Translation Committee - SCMR

