



**Associazione Italiana di Medicina Nucleare
Imaging Molecolare e Terapia**

RACCOMANDAZIONI PROCEDURALI PER LO STUDIO POLMONARE (perfusione e ventilazione)

Vrs. 2025

A cura di Pierluigi Rossini e Vincenzo De Biasi

INDICE

LA SCINTIGRAFIA POLMONARE	1
INDICAZIONI	1
CONTROINDICAZIONI	1
PROCEDURE PRE-ESAME	1
PRECAUZIONI	1
RADIOFARMACI E DOSI	1
PROTOCOLLO DI ACQUISIZIONE.....	2
ELABORAZIONE	2
INTERPRETAZIONE	2
ANALISI	2
REPORT FINALE.....	3
SORGENTI DI ERRORE.....	3

LA SCINTIGRAFIA POLMONARE

Indicazioni	- Diagnosi di embolia polmonare in pazienti con sospetto clinico; - follow-up di pazienti con embolia polmonare. - Valutazione pre-chirurgica di pazienti candidati a resezione polmonare per stimare la funzionalità polmonare post-operatoria. - Valutazione dell'ipertensione polmonare, in particolare della forma tromboembolica cronica (CTEPH). - Valutazione quantitativa della perfusione polmonare regionale in pazienti con altre patologie polmonari (BPCO, fibrosi polmonare).
Contro indicazioni	- Nessuna (verificare e annotare in cartella un eventuale stato di gravidanza). - Sospensione dell'allattamento per 24 h <i>NB:</i> Eseguire l'esame quanto prima possibile rispetto all'insorgenza dei sintomi e possibilmente entro la 24^a ora.
Procedure pre-esame	Fase di prenotazione - Verificare la disponibilità di un radiogramma del torace o TC torace (che deve essere quanto più recente possibile) e verificare la disponibilità dei referti e/o delle immagini di eventuali precedenti scintigrafie polmonari. - Raccogliere l'anamnesi del paziente e registrare i risultati delle altre indagini attinenti il sospetto di embolia polmonare e di trombosi venosa profonda. - Verificare il valore del D-dimero (che dovrebbe essere positivo usando un test ad alta sensibilità). - Valutare la probabilità pre-test di embolia polmonare possibilmente impiegando uno dei metodi predittivi disponibili (es. score di Wells o Geneva) per guidare l'indicazione alla scintigrafia polmonare e migliorare l'appropriatezza clinica. - Considerare l'integrazione con altri biomarcatori, in particolare troponina e BNP/NT-proBNP, utili per la stratificazione del rischio nei pazienti con sospetta embolia polmonare. I valori elevati di questi biomarcatori sono associati a una prognosi peggiore e possono guidare le decisioni terapeutiche. - Considerare l'utilizzo del PESI (Pulmonary Embolism Severity Index) o del sPESI (simplified PESI) per la stratificazione prognostica dei pazienti con sospetta embolia polmonare.
Precauzioni	- Osservare le norme e raccomandazioni radioprotezionistiche. - Ridurre a 100.000-200.000 il numero di macroaggregati di albumina somministrati in pazienti con ipertensione polmonare grave e/o con shunt intracardiaco DX-SN noto. Anche piccoli pazienti richiedono la riduzione del numero delle particelle di MAA somministrate) - Adottare strategie di riduzione della dose in pazienti pediatrici e donne in gravidanza. - Calcolare l'attività in base al peso corporeo facendo riferimento ai Livelli Diagnostici di Riferimento (LDR) riportati nel D. Lgs. 187/2000. <i>NB:</i> i limiti minimi e massimi di attività suggeriti dai LDR devono essere valutati e corretti caso per caso, in base allo specifico quesito diagnostico (https://eanm.org/wp-content/uploads/2024/05/EANM_Dosage_Card_040214.pdf)

Radiofarmaci e dosi	Perfusione: macroaggregati di albumina (MAA) marcati con ^{99m}Tc; attività: 100-150 Mbq. - Attività ottimizzata in base al peso corporeo: 100-150 MBq per adulti standard (70 kg), con adeguamento secondo la formula: $A(\text{MBq}) = A(\text{basale}) \times \text{peso}(\text{kg})/70$ - Somministrazione in clinostatismo. Ventilazione con radioaerosol: - acido dietilentriaminopentacetico (DTPA) marcato con ^{99m}Tc. - Attività nel nebulizzatore: non più di 1100 MBq - Attività inalata: da 40 MBq a 160 Mbq. Ventilazione con pseudogas: Technegas marcato con ^{99m}Tc. - Attività nel crogiolo: circa 400 Mbq. - Attività inalata: da 40 MBq a 140 Mbq. - Somministrazione in clinostatismo. <i>NB: Se gli esami fossero eseguiti in sequenza, il rapporto di attività ventilazione/perfusione dovrebbe essere di 1:4.</i> <i>NB: Il Technegas è da considerarsi preferibile rispetto al DTPA, specialmente in pazienti con patologie ostruttive, per la migliore distribuzione periferica e la minore clearance dal polmone.</i>
Protocollo di acquisizione	L'esame può essere eseguito secondo due differenti protocolli operativi: <u>SCINTIGRAFIA DI PERFUSIONE ISOLATA</u> - Collimatore a fori paralleli, preferibilmente tipo general purpose o high-resolution low-energy collimator (LEHR) - paziente in posizione supina - acquisizioni planari (da 6 a 8, anteriore, posteriore, OAS, OPD, OAD, OPS, laterale destra e sinistra) su matrice 256x256, conteggio totale almeno 500.000 conteggi per rilevazione - Zoom: se necessario, adeguato alla corporatura del paziente.
	<u>SCINTIGRAFIA DI VENTILAZIONE/PERFUSIONE</u> - la scintigrafia di ventilazione viene eseguita impiegando la stessa tecnica scintigrafica descritta per la scintigrafia di perfusione. - i due esami possono essere eseguiti in ordine inverso (ventilazione successiva alla perfusione) interponendo un intervallo di 12-18 ore. - deve essere tenuto in considerazione che il radioaerosol di ^{99m}Tc-DTPA presenta una velocità di clearance polmonare assai variabile (rapida nei fumatori ed in alcune condizioni patologiche) che può ridurre la statistica di conteggio e prolungare significativamente il tempo d'esame. È pertanto opportuno iniziare l'acquisizione subito dopo il termine dell'inalazione e non prolungare indebitamente il tempo totale d'esame. Tale problema non esiste per il Technegas. - Se le indagini sono eseguite sequenzialmente, l'iniezione dei MAA va fatta senza muovere il paziente dal lettino per ottenere immagini intrinsecamente in registro. In entrambi i protocolli operativi l'acquisizione con tecnica planare può essere sostituita dall'acquisizione SPECT/CT quando disponibile. Si impiega gamma camera con collimatori a fori paralleli general purpose o high-resolution low-energy collimator (LEHR), matrice 128x128 (preferibile) o 64x64, 60-120 step di 3° da 0° a 360°, di 10-15 sec. per la ventilazione, 5-8 sec per la perfusione. Protocollo CT a bassa dose (40-80 mAs, 100-120 kV) con ricostruzione iterativa per ridurre la dose al paziente.

Protocollo di acquisizione rapida	Per pazienti critici o che non possono mantenere la posizione per tempi prolungati, si consideri un protocollo di acquisizione rapida: - Perfusioni: matrice 128x128 o 256x256, acquisizione di sole 4 proiezioni essenziali (anteriore, posteriore, laterale destra e sinistra o oblique anteriori) con riduzione del tempo di acquisizione (250.000-300.000 conteggi per proiezione) - Ventilazione (se eseguita): matrice 128x128, stesse 4 proiezioni, tempo di acquisizione ridotto (8-10 secondi per proiezione) - SPECT/CT: riduzione del numero di step (ogni 6° invece che ogni 3°) e del tempo per proiezione (3-5 secondi) - Questo protocollo consente di completare l'esame in meno di 15 minuti, mantenendo un'adeguata qualità diagnostica nei casi urgenti
Elaborazione	- Per l'acquisizione planare se necessario aumento/riduzione del contrasto. - Per la SPET ricostruzione tomografica dei due esami con software standard. - Eventuale sottrazione del quadro ventilatorio da quello perfusorio - Eventuale immagine parametrica del quoziente ventilazione/perfusione (dopo normalizzazione dei conteggi della ventilazione a quelli della perfusione) - Per valutazione pre-chirurgica in pazienti candidati a resezione, eseguire quantificazione dopo segmentazione con software standard. Per la SPECT/CT: - Ricostruzione iterativa (OSEM) con 4-8 iterazioni e 8-16 subset - Correzione per l'attenuazione basata sui dati TC - Correzione per scatter opzionale ma raccomandata - Fusione delle immagini funzionali con le immagini anatomiche TC - Creazione di mappe parametriche V/Q per analisi quantitativa Si può prendere in considerazione l'utilizzo di software di quantificazione automatica per l'analisi dei difetti V/Q, che consentono: - Segmentazione automatica dei polmoni basata sui dati TC - Quantificazione volumetrica dei difetti di perfusione (in cc e percentuale del volume polmonare totale) - Generazione di mappe parametriche V/Q con analisi quantitativa dei mismatch - Calcolo automatico dell'indice di gravità dell'embolia polmonare (embolic burden) basato sulla percentuale di volume polmonare con deficits perfusori - Confronto con database di normalità per identificare aree di anomala perfusione non immediatamente evidenti all'analisi visiva - I risultati della quantificazione automatica dovrebbero essere sempre verificati dall'operatore e considerati in associazione all'analisi visiva qualitativa

Analisi	<u>SCINTIGRAFIA DI PERFUSIONE ISOLATA</u> Criteri PISAPED NORMALE: Assenza di difetti perfusione QUASI NORMALE: - Difetti di perfusione più piccoli o uguali in dimensione e forma alle seguenti anomalie radiografiche: ingrandimento del cuore, dell'aorta, degli ili, del mediastino. - Innalzamento degli emidiaframmi. - Obliterazione dei seni costofrenici. - Ispessimento della pleura. - Versamento intrascissurale ANORMALE - POSITIVA PER EMBOLIA POLMONARE: - Difetti di perfusione cuneiformi singoli o multipli con o senza corrispondenti alterazioni radiografiche parenchimali - Presenza di aree cuneiformi di perfusione forzata. ANORMALE - NEGATIVA PER EMBOLIA POLMONARE - Difetti di perfusione non cuneiformi con o senza corrispondenti alterazioni radiografiche parenchimali - Assenza di aree cuneiformi di perfusione forzata. SCINTIGRAFIA DI VENTILAZIONE/PERFUSIONE Criteri PIOPED modificati ALTA PROBABILITÀ ($\geq 80\%$, in assenza di condizioni che notoriamente assomigliano all'embolia polmonare) 1) Due o più estesi difetti di perfusione segmentari con mismatch ventilazione/perfusione o l'equivalente aritmetico in difetti di perfusione moderati o grandi e moderati (un grande di perfusione segmentario, $>75\%$ di un segmento, equivale a 1 segmento; un difetto di perfusione moderato, $25\text{--}75\%$ di un segmento, equivale a mezzo segmento; un piccolo, $<25\%$ di un segmento, non va calcolato). 2) Un quadro scintigrafico dato da 2 grandi difetti di perfusione segmentari con mismatch ventilazione/perfusione, o l'equivalente aritmetico in difetti di perfusione moderati o grandi e moderati, è borderline tra le categorie Alta e Intermedia Probabilità. Singoli operatori potranno classificare correttamente questo quadro scintigrafico nella categoria Alta Probabilità. In generale si suggerisce che quadri con mismatch ventilazione/perfusione più gravi di questo siano interpretati come Alta Probabilità. INTERMEDIA PROBABILITÀ (20%-79%) 1) Da un difetto moderato a due difetti estesi di perfusione con mismatch ventilazione/perfusione o l'equivalente aritmetico in difetti di perfusione moderati o moderati e estesi. 2) Singolo difetto di perfusione con match ventilazione/perfusione e con radiogramma del torace esente da opacità parenchimali. Difetti di perfusione molto estesi con match ventilazione/perfusione possono essere classificati nella categoria a Bassa Probabilità. 3) Singoli difetti di perfusione con match ventilazione/perfusione sono borderline per la categoria a Bassa Probabilità e pertanto dovrebbero essere classificati nella categoria a Probabilità Intermedia nella maggior parte dei casi; peraltro, singoli operatori possono correttamente classificare singoli quadri scintigrafici di questo genere nella categoria a Bassa Probabilità. 4) Quadri difficili da classificare nelle categorie a Bassa o Alta Probabilità oppure non descritti nelle due categorie.
---------	--

BASSA PROBABILITÀ (<20%)

- 1) Difetti di perfusione non segmentari (ad esempio cardiomegalia, aorta ingrandita, ili ingranditi, diaframma sollevato)
- 2) Qualunque difetto di perfusione cui corrisponda una anomalia radiografica sostanzialmente più grande.
- 3) Difetti di perfusione con match ventilazione/perfusione (vedi sopra INTERMEDIA al punto 2) a condizione che:
 - a. il radiogramma del torace non mostri opacità parenchimali;
 - b. siano presenti alcune aree di normale perfusione polmonare.
- 4) Qualunque numero di piccoli difetti di perfusione con normale radiogramma del torace.

NORMALE

- Nessun difetto di perfusione oppure perfusione che corrisponde esattamente ai profili polmonari del radiogramma del torace (si noti che gli ili polmonari e l'aorta possono essere riconoscibili e che il radiogramma del torace e/o la scintigrafia di ventilazione possono essere anormali).

Criteri EANM per SPECT/CT V/Q**NEGATIVO PER EP**

- Nessun difetto di perfusione
- Difetti di perfusione non segmentari con corrispondenti alterazioni anatomiche alla TC
- Difetti di perfusione con corrispondenti difetti di ventilazione di entità maggiore o uguale (matching o reverse mismatch)

POSITIVO PER EP

- Almeno un difetto di perfusione segmentario o subsegmentario senza corrispondente difetto di ventilazione (mismatch V/Q) in regione anatomicamente normale alla TC
- L'identificazione di un singolo difetto subsegmentario con mismatch V/Q è considerata diagnostica per EP

INDETERMINATO

- Reperti che non soddisfano i criteri né per positività né per negatività
- Rappresenta <5% degli esami quando si utilizza SPECT/CT

Classificazione per la CTEPH

- Normale: nessun difetto di perfusione
- Difetti non segmentari: compatibili con altre patologie
- Difetti segmentari: compatibili con CTEPH
- Lobare: coinvolgimento di un intero lobo
- Segmentale: coinvolgimento di uno o più segmenti
- Subsegmentale: coinvolgimento di subsegmenti

****NB ****Si consiglia una valutazione critica dei difetti mismatch. In presenza di alterazioni parenchimali minime (es. ground-glass, atelettasie, consolidamenti non specifici), è necessario interpretare con cautela i mismatch V/Q isolati, evitando falsi positivi per EP.

SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INTERPRETAZIONE V/Q

L'utilizzo di algoritmi di intelligenza artificiale (AI) per l'interpretazione della scintigrafia V/Q sta emergendo come strumento complementare all'analisi visiva convenzionale:

I sistemi AI attualmente disponibili si basano principalmente su reti neurali convoluzionali (CNN) addestrate su dataset ampi e validati

	Le applicazioni principali includono - Segmentazione automatica dei polmoni e identificazione dei difetti perfusori - Classificazione binaria (positivo/negativo per EP) o probabilistica secondo i criteri PIOPED - Calcolo dell'estensione dell'embolia (embolic burden) mediante quantificazione automatica - Stratificazione del rischio in caso di diagnosi positiva Vantaggi potenziali - Maggiore standardizzazione e riproducibilità dell'interpretazione - Riduzione della variabilità inter-osservatore - Identificazione di pattern sottili che potrebbero sfuggire all'analisi visiva - Supporto decisionale per medici meno esperti Limitazioni - Variabilità dei dataset di training e validazione - Difficoltà nel distinguere patologie concomitanti - Necessità di validazione clinica in contesti multicentrici Si raccomanda l'utilizzo degli algoritmi AI come supporto all'interpretazione umana e non come sostituto del giudizio clinico del medico nucleare esperto
Report finale	Il referto deve includere, accanto ad una documentazione iconografica completa: - dati anagrafici del paziente: cognome, nome, data di nascita, codice identificativo; data di esecuzione dell'esame e tipo di esame - quesito clinico e breve storia clinica del paziente - tecnica utilizzata (planare, SPECT, SPECT/CT) - radiofarmaci e dosi somministrate - risultati con descrizione dettagliata dei difetti (numero, sede, estensione, caratteristiche) - per la SPECT/CT: correlazione con le alterazioni anatomiche - confronto con esami precedenti quando disponibili - conclusione diagnostica con categoria di probabilità (secondo i criteri utilizzati) o diagnosi binaria (positivo/negativo) nel caso di SPECT/CT. - in casi dubbi o non diagnostici è opportuno indicare le motivazioni che hanno limitato l'accuratezza diagnostica ed eventualmente suggerire quale tipo di procedura diagnostica possa dirimere il dubbio. - eventuali reperti incidentali alla TC di potenziale rilevanza clinica

Sorgenti di errore	- Aggregazione di numerose particelle di MAA nella siringa o insufficiente diluizione del tracciante iniettato attraverso un catetere centrale danno luogo ad aree focali di aumento del segnale ("hot-spot"). - Il tracciante di perfusione, se iniettato attraverso un catetere centrale, può aderire alle pareti del catetere e causare un'eccessiva riduzione del numero di particelle che raggiungono i polmoni (inducendo inadeguata statistica di conteggio). - La persistenza nel tempo di difetti di perfusione non risoltisi (e non documentati) dopo precedenti episodi embolici può ridurre la specificità della scintigrafia di perfusione - Il confronto Ventilazione/Perfusione può essere difficile in casi di: a. iperdeposizione focale del radioaerosol e/o scarsa penetrazione periferica; b. diverso decubito del paziente durante le fasi di somministrazione dei due traccianti; c. presenza di eccessiva radioattività esofagea nella scintigrafia di ventilazione; d. laddove le due scintigrafie siano state eseguite a distanza di molte ore l'una dall'altra può verificarsi un'evoluzione della malattia di base con conseguente cambiamento dei quadri scintigrafici. - Nei soli esami eseguiti con tecnica planare la sovrapposizione di aree normocaptanti retrostanti ad aree ipocaptanti nelle proiezioni oblique e laterali può mascherare difetti clinicamente significativi. - Artefatti da movimento durante l'acquisizione - Non corretto allineamento tra immagini SPECT e CT - Artefatti respiratori - Errori nell'interpretazione di deflusso venoso fisiologico come difetti di perfusione - Errata interpretazione di reperti TC (atelectasia, consolidamento, etc.) in assenza di correlazione con la perfusione
Follow-up	Per i pazienti con diagnosi di embolia polmonare confermata, si consiglia un protocollo di follow-up scintigrafico standardizzato: Timing: scintigrafia di controllo a 3-6 mesi dopo l'episodio acuto Obiettivi del follow-up - Valutare la risoluzione dei difetti perfusori (completa, parziale o assente) - Identificare precocemente i pazienti a rischio di sviluppo di ipertensione polmonare tromboembolica cronica (CTEPH) - Fornire un nuovo baseline per eventuali episodi futuri Criteri di valutazione - Risoluzione completa: normalizzazione del quadro perfusorio - Risoluzione parziale: persistenza di difetti perfusori di entità minore rispetto all'esame iniziale - Assenza di risoluzione: persistenza di difetti perfusori di entità sovrapponibile all'esame iniziale Gestione in base ai risultati - In caso di mancata risoluzione a 6 mesi, considerare ecocardiografia e consulenza specialistica per escludere CTEPH

Bibliografia

- Bajc M, Schümichen C, Grüning T, et al. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019;46(12):2429-2451.
- Le Roux PY, Robin P, Salaun PY. V/Q SPECT in clinical practice. *Semin Nucl Med*. 2022;52(3):298-315.
- van der Hulle T, Cheung WY, Kooij S, et al. Simplified diagnostic management of suspected pulmonary embolism. *Lancet*. 2019;393(10181):2125-2134.
- Verberne HJ, Acampa W, Anagnostopoulos C, et al. EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021;48(4):1040-1069.
- Schembri GP, Roach PJ, Bailey DL, Freeman L. Lung ventilation/perfusion SPECT: methodology and interpretation. *Semin Nucl Med*. 2023;53(1):23-37.
- Gopalan D, Blanchard D, Auger WR. Diagnosis and Management of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Results from an Expert Survey. *Lung*. 2020;198(6):885-897.
- Roach PJ, Schembri GP, Bailey DL, Freeman L. EANM procedural guidelines for ventilation-perfusion scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2022;49(5):1619-1639.
- Planquette B, et al. "Residual pulmonary vascular obstruction and recurrence after acute pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis." *Eur Heart J*. 2018;39(47):4196-4207.
- Otero R, et al. "Long-term outcome after pulmonary embolism: the post-PE study." *Eur Respir J*. 2018;51(2):1701202.
- Delcroix M, et al. "Long-term outcome of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: results from an international prospective registry." *Circulation*. 2021;143(18):1784-1796.
- Seifert R, et al. Deep learning-based interpretation of ventilation/perfusion SPECT/CT scans for pulmonary embolism diagnosis. *EJNMMI Res*. 2022;12(1):33.
- Lu MT, et al. Deep Learning for Automated Assessment of Pulmonary Perfusion Defects on V/Q SPECT/CT. *Radiology*. 2023;309(1)
- Hess S, et al. "Artificial intelligence in V/Q imaging: a systematic review." *Semin Nucl Med*. 2023;53(1):38-48.
- Gonçalves L, et al. "CT-V/Q mismatch and misdiagnosis: interpreting subtle CT abnormalities." *Nucl Med Commun*. 2024; 45(1):55-62
- Derlin T, et al. "Quantitation of pulmonary perfusion in patients with pulmonary hypertension using three-dimensional SPECT/CT: correlation with clinical parameters and outcome." *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2018;45(11):1945-1954.
- Mazurek A, et al. "Semi-quantitative assessment of pulmonary perfusion in children with cystic fibrosis using segmental contribution on lung perfusion scintigraphy." *Nucl Med Commun*. 2018;39(3):268-274.
- Le Roux PY, et al. "Machine learning reconstruction for SPECT ventilation/perfusion imaging: Methodology and clinical evaluation in pulmonary embolism." *J Nucl Med*. 2022;63(3):444-450.
- Hess S, et al. "Artificial intelligence in V/Q imaging: a systematic review." *Semin Nucl Med*. 2023;53(1):38-48.
- Seifert R, et al. "Deep learning-based interpretation of ventilation/perfusion SPECT/CT scans for pulmonary embolism diagnosis." *EJNMMI Res*. 2022;12(1):33.
- Lu MT, et al. "Deep Learning for Automated Assessment of Pulmonary Perfusion Defects on V/Q SPECT/CT." *Radiology*. 2023;309(1).
- Weikert T, et al. "Application of deep learning for automated analysis of pulmonary perfusion on dual-energy CT: a comparison with quantitative perfusion SPECT/CT." *Eur Radiol*. 2022;32(7):4895-4903.
- Becattini C, et al. "Prognostic role of the ECG among patients with acute pulmonary embolism and normal blood pressure." *Am J Med*. 2019;132(9):1117-1124.
- Barco S, et al. "Prognostic value of right ventricular dysfunction or elevated cardiac biomarkers in patients with low-risk pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis." *Eur Heart J*. 2019;40(11):902-910.
- Meyer G, et al. "Fibrinolysis for patients with intermediate-risk pulmonary embolism." *N Engl J Med*. 2014;370(15):1402-1411.
- Konstantinides SV, et al. ESC Guidelines on acute pulmonary embolism. *Eur Heart J*. 2019; 41(4):543–603.
- Jiménez D, et al. Simplification of the pulmonary embolism severity index for prognostication in patients with acute symptomatic pulmonary embolism. *Arch Intern Med*. 2010;170(15):1383-1389.

Skarlovnik A, et al. "Accuracy of a shortened protocol for ventilation-perfusion SPECT in emergency patients with suspected pulmonary embolism." *Radiol Oncol.* 2020;54(3):317-322.

Nasr A, et al. "Ventilation-perfusion SPECT for the assessment of pulmonary embolism: preliminary validation of a simplified fast protocol." *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019;46(5):1197-1206.

Mahdavi R, et al. "Optimized rapid acquisition protocols for V/Q SPECT/CT in emergency settings." *J Nucl Med.* 2021;62(7):937-942.