

# **TROMBOEMBOLIA POLMONARE**

## **G.F. Galdi, L. Bertini, E. Casciani, E. Poletti**

**Dipartimento di Emergenza ed Accettazione  
Policlinico Umberto I, Università di Roma "La Sapienza"**

### **Introduzione**

La tromboembolia polmonare è la 3<sup>a</sup> malattia cardiovascolare in ordine di frequenza dopo la cardiopatia ischemica e l'ICTUS.

Negli USA l'incidenza è di circa 300.000-600.000 casi all'anno mentre in Europa è di circa 100.000 casi all'anno.

La percentuale di casi non diagnosticati è molto alta e si aggira sul 50-80%. Questi dati rendono conto della gravità di tale patologia, che, se non trattata può portare a morte fino al 30% dei pazienti: si calcola infatti che ogni anno negli USA i casi di morte per tromboembolia polmonare siano circa 100.000 (1, 2, 3, 4).

La tromboembolia polmonare (TEP) non è un processo patologico a sé stante ma, insieme alla Trombosi venosa profonda (TVP), rappresenta la manifestazione di un unico processo patologico: la cosiddetta malattia tromboembolica.

Si calcola infatti che il 50% dei pazienti con TVP sviluppi una TEP e che il 70-80% dei pazienti con TEP abbia anche una TVP; nel restante 30% dei casi di TEP non viene rilevato alcun trombo a livello delle vene profonde a causa del fatto che il preesistente trombo che ha dato luogo all'embolia è stato completamente mobilizzato dalle vene profonde degli arti inferiori (5,6).

Nella maggior parte dei casi la TVP è localizzata a livello delle vene degli arti inferiori craniali alle vene poplitee (90% dei casi); ma la TVP può insorgere anche a livello delle vene pelviche e renali (3% dei casi), delle vene degli arti superiori (4%) e dell'atrio destro (3%) (7).

I fattori di rischio per lo sviluppo di una TVP e conseguentemente di una TEP sono riassunti nella cosiddetta triade di Virchow caratterizzata da stasi venosa, danno parietale vasale e ipercoagulabilità: questi tre fattori risultano alterati più frequentemente in alcune condizioni quali l'immobilizzazione prolungata, specie se dopo interventi chirurgici, la presenza di fratture, gli interventi del distretto pelvico e tutte le alterazioni della coagulazione (ereditarie, paraneoplastiche, dovute a squilibri ormonali). Inoltre l'età superiore ai 40 anni è considerata anch'essa un fattore di rischio.

### **Quadro clinico**

Il quadro clinico della TEP è caratterizzato da dispnea e/o tachipnea, dolore toracico, tachicardia ed eventualmente emoftoe. Questi segni presentano però una scarsa specificità nella diagnosi di TEP in quanto possono essere rilevati in molteplici patologie toraciche ed inoltre presentano anche una bassa sensibilità: infatti il 50% dei Pazienti è asintomatico.

Nello studio PIOPED (Prospective Investigation On Pulmonary Embolism Disease) (8) è stata registrata la stessa frequenza di dispnea, tachipnea e dolore toracico sia nei pazienti con TEP sia in quelli con altre patologie polmonari.

Il quadro clinico dipende comunque dall'estensione della TEP, dal grado dell'occlusione vascolare, dalla contemporanea presenza di altre patologie respiratorie e/o cardiache preesistenti: in questi casi infatti il quadro clinico può essere importante anche in caso di emboli periferici e di piccole dimensioni. Altri dati che possono indurre a sospettare una TEP sono la presenza di anomalie all'ECG e la presenza di ipossiemia ed ipocapnia (o normocapnia). A livello degli arti inferiori inoltre andranno ricercati i segni di un'eventuale trombosi quali la presenza di edema dell'arto, l'eritema o la presenza di dolore.

L'unico test di laboratorio che può essere utilizzato nel sospetto di embolia polmonare è il dosaggio dei D-Dimeri: questi sono dei prodotti di degradazione della fibrina che aumentano nel sangue in caso di attivazione della fibrinolisi. Il test dei D-Dimeri si è dimostrato un test con elevata sensibilità ma con scarsa specificità. Una concentrazione di D-Dimeri inferiore a 500 ng/ml ci permette di escludere con buona probabilità la presenza di TEP con un valore predittivo negativo del 90%. Una concentrazione di D-Dimeri elevata può invece ritrovarsi anche in altre

condizioni patologiche quali le neoplasie, o può rappresentare un normale dato di laboratorio nel periodo post-operatorio. Infatti solo il 30% dei pazienti con elevate concentrazioni di D-Dimeri nel sangue presenta una TEP.

## **Imaging**

Le metodiche a disposizione per la diagnosi di TEP sono molteplici: la radiografia del torace, la scintigrafia polmonare, l'angiografia, la TC e la Risonanza Magnetica (RM).

La radiografia del torace rappresenta l'indagine di primo livello nel sospetto di una TEP, permettendo di dimostrare anomalie nell'80% dei casi (9). Risulta inoltre utile per escludere altre patologie che possono presentarsi con la stessa sintomatologia (es. pneumotorace).

La presenza di oligoemia (segno di Westermark) (fig.1) è rilevabile come una riduzione della componente vascolare polmonare localizzata ad un segmento o ad un intero lobo. È dovuta ad occlusione di arterie lobari o segmentarie e può essere diffusa a tutti i campi polmonari in caso di microembolia diffusa. La rilevazione di questo segno è molto difficile e pertanto presenta una bassa sensibilità. Utile in questi casi il confronto con radiogrammi precedenti.

Un altro segno è l'aumento di calibro delle arterie polmonari (segno di Fleischner) (fig.2) dovuto ad occlusione delle arterie polmonari principali. Anche per esso è stata dimostrata una bassa sensibilità anche a causa della sua difficile rilevazione a sinistra a causa della sovrapposizione cardiaca. Utile anche in questo caso il confronto con precedenti esami al fine di rilevare differenze di calibro dei vasi polmonari (fig.3).

La presenza di opacità polmonari (fig.4) è un rilievo frequente in caso di embolia: queste rappresentano aree ischemiche o emorragiche, mentre l'infarto vero e proprio è raro presentandosi solo nel 10% dei casi. Le sedi ove più frequentemente sono rilevabili queste opacità sono i lobi inferiori in sede periferica. La morfologia di queste opacità può essere triangolare o tondeggiante (gobba di Hampton). Importante è la mancanza di broncogramma aereo, un segno che permette di distinguerle dalle polmoniti.

Un sollevamento dell'emidiaframma (fig.5) non è un segno infrequente in caso di TEP; questo è dovuto al deficit di surfactante che si viene a creare nelle zone colpite ed alla ridotta escursione respiratoria di tipo antalgico. Il lobo polmonare coinvolto può presentarsi quindi ridotto di volume e possono coesistere atelettasie lamellari e versamento pleurico. È un reperto frequente nelle prime 24 ore.

La scintigrafia polmonare rileva le conseguenze della trombosi sulla ventilazione e sulla perfusione polmonari. La diagnosi può essere fatta con la sola scintigrafia perfusionale rilevando un difetto di perfusione, oppure con la scintigrafia perfusionale associata alla scintigrafia ventilatoria rilevando un mismatch tra le due caratterizzato dalla presenza di un difetto di perfusione in una zona normalmente ventilata. In casi di infarto polmonare è invece dimostrabile la presenza di un difetto sia di perfusione che di ventilazione.

Il giudizio di fronte ad un esame di scintigrafia viene espresso in termini di probabilità che potrà essere alta, intermedia, bassa o nulla. Il letteratura (10) è stato dimostrato che una probabilità nulla o elevata ci permettono di escludere o di confermare una TEP con buona accuratezza mentre una probabilità intermedia o bassa non escludono la presenza di una TEP che in questi casi può essere presente nel 15-30% dei casi. Sfortunatamente la maggior parte dei quadri scintigrafici (70% circa) appartiene a quest'ultimo gruppo (probabilità intermedia o bassa) (tab.1). La percentuale di esami scintigrafici a bassa e intermedia probabilità si è ridotto recentemente al 50% grazie all'utilizzo del Tecnezio-99m pirofosfato in aerosol ed alla rivisitazione dei criteri PIOPED, ma questa percentuale risulta ancora inaccettabile (11). Importante è anche notare che i quadri scintigrafici non diagnostici (intermedia e bassa probabilità) sono più frequenti nei Pazienti ospedalizzati ed in quelli con patologie cardio-respiratorie: in questi casi la probabilità di diagnosi è solo del 10% (12).

L'accuratezza della scintigrafia dipende inoltre dall'entità e dal grado di occlusione, infatti in caso di trombo occludente è dell'83% mentre si abbassa notevolmente in caso di trombo parietale (26%) (1). Uno studio italiano, il PISA-PED (13) ha comunque dimostrato che il quadro scintigrafico unito alla sintomatologia, alle alterazioni ECG e alla radiografia del torace presenta una sensibilità dell'84% ed una specificità del 95%. Ma il grande problema dell'utilizzo della scintigrafia polmonare perfusionale e ventilatoria rimane la sua scarsa disponibilità nei reparti di emergenza e nelle ore extralavorative.

Molti autori in passato hanno indagato il ruolo della scintigrafia nei confronti della TC: una metanalisi della letteratura condotta dal 1985 al 2003 ha rilevato che in caso di positività la TC e la scintigrafia hanno la stessa accuratezza, mentre in caso di negatività la TC è superiore alla scintigrafia, ovvero un esame scintigrafico negativo non esclude la possibilità di embolia polmonare quanto un esame TC negativo (maggiore valore predittivo negativo della TC) (14).

L'angiografia polmonare rappresenta ancora il gold standard nella diagnosi di TEP, ovvero la metodica con la quale vengono confrontate tutte le altre negli studi in letteratura. È una metodica poco utilizzata a causa della scarsa invasività, della scarsa reperibilità e degli alti costi. Le complicanze fatali presentano un'incidenza di circa lo 0,2-0,5% mentre quelle severe dell'1,5-5%. I segni angiografici di TEP sono la presenza di difetti di opacizzazione intraluminale, l'interruzione brusca di un ramo arterioso ed i difetti di perfusione parenchimale a morfologia triangolare.

La TC è attualmente la metodica più utilizzata nel sospetto di TEP. L'aumento della frequenza di utilizzazione si è avuto con l'introduzione degli apparecchi TC spirale che hanno dimostrato una buona accuratezza nella diagnosi di TEP; dal 1997 ad oggi si è assistito ad un continuo aumento del numero di esami TC eseguiti nel sospetto di embolia polmonare con una contemporanea parallela riduzione degli esami angiografici e scintigrafici eseguiti per lo stesso motivo.

La tecnica TC con un apparecchio multislice prevede una scansione senza mdc, per rilevare l'iperdensità intraluminale in caso di embolia acuta o la presenza di calcificazioni in caso di embolia cronica. Le scansioni vengono eseguite in senso caudo-craniale per ridurre gli artefatti da elevata concentrazione di mdc a livello della vena cava superiore. Si utilizzano collimazioni sottili (1.25-2.5 mm) con pitch bassi in modo da avere un'acquisizione a strati sovrapposti. La scansione inizia dopo l'introduzione di 130-140 ml di mdc iodato ad una velocità di 4 ml/s. La corretta temporizzazione del bolo viene eseguita tramite tecnica del bolus tracking con la ROI (Region Of Interest) localizzata nell'arteria polmonare principale ed impostata ad un valore soglia di 200 UH. I dati acquisiti vengono poi inviati ad una workstation per l'elaborazione tramite ricostruzioni multiplanari (MPR) coronali, oblique o lungo l'asse longitudinale del vaso.

Uno dei segni di TEP acuta (15,16) (fig. 6) è l'occlusione completa del lume del vaso con aumento di calibro dello stesso (fig.7), oppure la presenza di difetti di opacizzazione al centro del vaso circondati da mdc (segno della "mentina polo" nelle scansioni assiali rispetto all'asse del vaso o segno della "ferrovia" nelle scansioni longitudinali rispetto all'asse del vaso) (fig.8). Inoltre la TEP acuta può manifestarsi con la presenza di un difetto di opacizzazione periferico, eccentrico che forma angoli ottusi rispetto alle pareti arteriose nelle scansioni assiali rispetto al vaso. Altri segni di TEP acuta comprendono aree a morfologia triangolare che rappresentano infarti o emorragie (fig.9), segni di scompenso cardiaco destro rappresentati dalla presenza di un ventricolo destro più ampio del sinistro, dalla presenza di reflusso nelle vene sovraepatiche e da deviazione del setto interventricolare verso sinistra. Nel 60% dei casi può essere presente intrappolamento aereo rilevabile come alternanza di aree a maggiore densità con aree a minore densità; questo fenomeno è dovuto alla secrezione di molecole broncocostrittrici quali serotonina e prostaglandine da parte delle piastrine aggregatesi nel trombo (15,16).

L'embolia polmonare cronica presenta una semeiotica TC distinta rispetto all'embolia acuta (15,16) (fig.10): può essere rilevata anche in questo caso un'occlusione completa del vaso ma il calibro dello stesso risulta ridotto invece che aumentato. Può rilevarsi un difetto di opacizzazione eccentrico che forma angoli ottusi con le pareti nelle scansioni assiali rispetto all'asse del vaso, con una tipica morfologia a semiluna (fig.11). Oppure il difetto può essere periferico, circonferenziale con il mdc disposto al centro del vaso: questo aspetto è dovuto all'instaurarsi di fenomeni di ricanalizzazione al centro del vaso. È inoltre rilevabile in alcuni casi la presenza di flaps endoluminali od un aspetto a ragnatela, sempre dovuti a fenomeni di ricanalizzazione e lisi del trombo. Altri segni di TEP cronica sono la presenza di vasi bronchiali collaterali ectasici, la presenza di oligoemia a mosaico del parenchima, la presenza di calcificazioni parietali a carico delle arterie polmonari (rilevabili nelle scansioni pre-contrasto), un aumento di calibro dell'arteria polmonare principale (> 33 mm) indice di ipertensione polmonare e la presenza di versamento pericardico (15,16).

Una diagnosi accurata della TEP con TC non può prescindere da una corretta impostazione tecnica e da un'attenta valutazione delle immagini ottenute al fine di rilevare eventuali pitfalls di

ordine tecnico, anatomico o patologico che possono dar luogo a dei falsi positivi o ad esami di scarsa qualità diagnostica.

Tra i pitfalls dovuti al Paziente ricordiamo gli artefatti da respirazione con conseguente effetto di volume parziale e false ipodensità del vaso: questi possono essere evitati utilizzando apparecchi TC multislice, con acquisizioni veloci e riduzione dei tempi di apnea. Nei Pazienti obesi l'immagine può essere disturbata da un eccessivo rumore di fondo che può essere evitato aumentando la collimazione. Attenzione va inoltre posta nella valutazione di un'eventuale presenza di cateteri nell'arteria polmonare che possono mimare difetti di riempimento.

Tra i pitfalls dovuti a fattori tecnici annoveriamo la sbagliata impostazione della finestra di visualizzazione con eccessiva brillantezza del vaso che maschera la presenza di piccoli emboli o flaps; bisogna quindi utilizzare oltre alle normali finestre per parenchima e mediastino, una finestra specifica per embolia (W 700; C 100) (fig.12).

Il mdc eccessivamente concentrato in vena cava superiore provoca un artefatto da indurimento del fascio a morfologia stellata con mascheramento dell'arteria polmonare destra e dell'arteria lobare superiore di destra: utile in questi casi il "lavaggio" della vena cava superiore somministrando della soluzione fisiologica dopo il bolo (utilizzo del doppio iniettore).

Bisogna inoltre prestare attenzione che si utilizzi un algoritmo di ricostruzione per tessuti molli poiché l'utilizzo di un algoritmo di ricostruzione o di un filtro troppo duri possono simulare la presenza di emboli (fig.13).

Un'errato time bolus con scansioni troppo precoci o troppo tardive determina un'ipodensità intraluminale da mancato arrivo del mdc o da diluizione tardiva (fig.14).

Inoltre ricostruzioni MPR con poco overlapping provocano il cosiddetto artefatto a gradini sulle immagini MPR; è bene utilizzare un overlapping di ricostruzione del 50%.

Tra i fattori anatomici bisogna ricordare l'adiacenza del vaso con linfonodi ilari: è bene conoscere l'esatta posizione di questi linfonodi ed utilizzare collimazioni sottili integrate da ricostruzioni MPR.

È inoltre necessario valutare i vasi lungo tutto il loro decorso in modo da distinguere le vene (a densità scarsamente omogenea) dalle arterie. È utile sapere comunque che le vene non decorrono accanto ai bronchi e che nei lobi inferiori le vene hanno un decorso orizzontale.

Tra le condizioni patologiche che possono mimare la TEP ricordiamo gli aggregati di muco nei bronchi, lo scompenso cardiaco con edema perivascolare che causa ispessimento peribroncovascolare e la presenza di artefatti da flusso riconoscibili per la loro densità maggiore di 80 UH (15,16).

Gli studi presenti in letteratura hanno dimostrato che la TC spirale singolo strato presenta una buona accuratezza con sensibilità del 75-100% e specificità del 78-100% nella valutazione delle arterie centrali, lobari e segmentarie (17) con una percentuale di esami non diagnostici del 2-4% (3). Ma se la valutazione viene estesa alle arterie subsegmentarie si rileva una riduzione della sensibilità dall'86 al 63% (18). Secondo alcuni studi (19) la sensibilità della TC sarebbe superiore a quella dell'angiografia.

Non esiste ancora accordo sul valore dell'embolia subsegmentaria (fig. 15): per alcuni non presenta nessun significato clinico (20). Per altri autori esistono delle conseguenze emodinamiche nei Pazienti con pre-esistenti malattie cardio-respiratorie (21). La frequenza di embolia subsegmentaria riportata nelle casistiche presenti in letteratura è compresa tra il 5 ed il 35%. Gli emboli nelle arterie subsegmentarie possono sfuggire alla TC per le piccole dimensioni e per il decorso obliquo delle arterie subsegmentarie ma possono non essere rilevati anche all'angiografia; c'è da dire però che l'incidenza di embolia in Pazienti con esame TC negativo seguiti per 3 mesi è dell'1% ed è sovrapponibile all'incidenza di embolia dopo esame scintigrafico con nulla probabilità (1,4%) (22).

L'introduzione della TC multislice ha portato dei grandi vantaggi nello studio dell'embolia polmonare con TC. In particolare la TC multislice consente di ridurre gli artefatti da respiro e permette una migliore visualizzazione dei vasi periferici rispetto alla TC singolo strato: con la TC multislice sono visualizzabili circa il 70% dei vasi subsegmentari. Si è infatti dimostrato che la percentuale di vasi segmentari visualizzati correttamente aumenta dal 69 all'88% passando da una TC singolo strato con collimazione di 3 mm ad una TC multislice con collimazione di 1.25 mm con un aumento della percentuale di visualizzazione dei vasi subsegmentari dal 38 al 69% (23). Per ciò che riguarda i valori di sensibilità e specificità della TC multislice nella diagnosi di

embolia i risultati riportati in letteratura dimostrano che queste sono del 92-100% e 89-98% rispettivamente (24,25,26). La diagnosi di embolia con la TC multislice è quindi possibile nel 91% dei casi (27).

Essendo l'embolia polmonare conseguenza diretta della TVP, la valutazione del paziente con embolia polmonare non può prescindere dallo studio delle vene profonde degli arti inferiori per la ricerca di eventuali sorgenti emboligene. Infatti come riportato da Wolfe et al. (28) "Un singolo episodio di embolia polmonare è meno grave di un voluminoso trombo localizzato nel sistema venoso profondo e non ancora mobilizzato". L'esame di "venografia TC" (fig.16) rende quindi l'esame TC per TEP un esame "all in one" per la valutazione della malattia tromboembolica. I protocolli per questo tipo di studio non sono però ancora uniformati ed esistono molte variazioni tecniche tra i vari centri. La lunghezza della scansione può variare dal diaframma alle caviglie. Si utilizzano di solito collimazioni spesse (tra i 5 ed i 10 mm) con incrementi variabili da 2 a 5 cm: lo scopo è, infatti, quello di eseguire una sorta di monitoraggio delle vene profonde più che un esame di dettaglio. Per ciò che riguarda il ritardo, questo va impostato sui 3-4 minuti, infatti, è vero che il massimo incremento contrastografico si ottiene dopo 2 minuti ma è anche vero che se la scansione è troppo precoce si possono verificare artefatti da scarsa omogeneizzazione del mdc. Gli studi riportano un'eccellente correlazione tra venografia TC e studio eco-color-Doppler degli arti inferiori.

L'aspetto TC di una TVP è quello di un'occlusione venosa con pareti del vaso che incrementano dopo mdc a causa del reclutamento dei vasa vasorum. Può inoltre rilevarsi aumento di densità dei tessuti molli dell'arto interessato in rapporto alla presenza di edema. Anche per la venografia TC esistono dei pitfalls dovuti agli artefatti da flusso: questi possono essere riconosciuti a causa dei valori di densità maggiori di 30-60 UH caratteristici del trombo e dai margini irregolari. Rispetto all'eco-color-Doppler la venografia TC presenta alcuni vantaggi come la possibilità di valutare il distretto addomino-pelvico, il fatto di essere un esame non operatore dipendente e la migliore valutazione in caso di anomalie vascolari.

Rimane da considerare però il problema dosimetrico: un'esame TC del torace fornisce una dose efficace di circa 8 mSv (milliSievert) (29, 30), maggiore di 4 volte rispetto alla dose annuale per esposizione al fondo di radiazione naturale. Per limitare la dose erogata si potrebbe restringere la lunghezza della scansione da 30 a 16 cm; con questo accorgimento si perdono le informazioni dei soli rami periferici subsegmentari, il ruolo clinico dei quali risulta ancora dubbio, con una dose ridotta del 47%.

Proprio a causa dei problemi di ordine dosimetrico e dell'utilizzo di mdc iodato sono stati fatti degli importanti progressi tecnologici negli ultimi anni nel campo della Risonanza Magnetica (RM) con la costruzione di nuove bobine e l'implementazione di nuove sequenze. La RM infatti presenta vantaggi indiscutibili sulla TC quali l'assenza di utilizzo di radiazioni ionizzanti e di mdc iodati, la multiplanarietà e la possibilità di ottenere immagini di tipo angiografico. Gli svantaggi sono legati alle controindicazioni assolute quali la presenza di pace-maker e di claustrofobia. Inoltre la RM presenta ancora una risoluzione spaziale inferiore alla TC e necessita di una durata dell'apnea maggiore, tenendo presente anche che la maggior parte dei pazienti esaminati per embolia polmonare sono dispnoici. Inoltre ancora non esistono studi che comprovino il ruolo della RM per la valutazione della TVP. Un ulteriore svantaggio della RM rispetto alla TC è quello della maggiore possibilità di artefatti sia da flusso che da suscettibilità magnetica.

Le sequenze attualmente utilizzate in RM nello studio dell'embolia polmonare sono le 3D GRE (Gradient Recalled Echo) breath hold dopo somministrazione di Gadolinio che attualmente permettono di ottenere altissime risoluzioni temporali (nell'ordine dei 5 secondi) (fig.17). L'esame va inoltre integrato con ricostruzioni MIP (Maximum Intensity Projection).

Gli studi effettuati hanno dimostrato una buona accuratezza con valori di sensibilità e specificità rispettivamente dell'85 e 96% nella diagnosi di embolia polmonare considerando tutte le arterie (comprese le subsegmentarie) e del 68 e 99,7% nella valutazione del singolo embolo. L'analisi ridotta a tutte le arterie tranne le subsegmentarie ha fatto registrare valori di sensibilità del 100% e di specificità del 96% nella diagnosi di embolia (31).

In un recente lavoro nel quale sono state valutate le accuratezze della RM, della TC multislice della scintigrafia e della combinazione delle varie metodiche, la RM da sola ha fatto registrare

un'accuratezza del 94%, superiore a quella della TC multislice da sola (92%) e paragonabile a quella della TC multislice combinata con la scintigrafia (27).

Ma le applicazioni RM sono in continua evoluzione e si stanno mettendo a punto degli studi dinamici di perfusione polmonare con misurazione dell'intensità di segnale nel tempo allo scopo di rilevare eventuali difetti di perfusione. Inoltre sono state sviluppate nuove sequenze a "magnetizzazione selettiva del sangue" che possono essere "sottratte" alle sequenze non selettive per il sangue in modo da valutare, anche con una scala di colore, la presenza di deficit di vascolarizzazione.

Altri studi sperimentali sono stati già avviati e prevedono l'utilizzazione di Ossigeno per via inalatoria. L'Ossigeno determina un aumento dell'intensità di segnale dei tessuti: il deficit di perfusione può essere rilevato proprio nelle aree nelle quali non avviene questo aumento di intensità.

In futuro quindi, a causa della maggiore sensibilità da parte sia dei sanitari sia dell'opinione pubblica per il problema dosimetrico dovremo aspettarci un aumento della frequenza dell'utilizzo della RM nel sospetto di embolia polmonare con una contemporanea progressiva riduzione degli esami TC eseguiti a questo scopo.

### **Bibliografia.**

1. Coulomb M, Ferretti G, Ayanian D, et al. Does a universal strategy of acute pulmonary embolism diagnosis exist today? *J Radiol* 1998;79:515-28
2. Gosselin MV, Rubin GD, Leung AN, et al. Unsuspected pulmonary embolism: prospective detection on routine helical CT scans. *Radiology* 1998;208:209-15
3. Smith TP. Pulmonary embolism: what's wrong with this diagnosis? *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:1489-97.
4. Storto ML, Di Credico A, Guido F, Bonomo L. Urgenze toraciche: tromboembolia polmonare. *Radiol Med* 2002;103 (suppl. 1 al n° 5): 23-33
5. Moser KM, Fedullo PF, LitteJohn JK, Crawford R. Frequent asymptomatic pulmonary embolism in patients with deep venous thrombosis. *JAMA* 1994;271:223-5. Erratum in: *JAMA* 1994 Jun 22-29;271:1908
6. Becattini C, Agnelli G. Risk factors for adverse short-term outcome in patients with pulmonary embolism. *Thromb Res* 2001;103:V239-44
7. Duwe KM, Shiau M, Budorick NE, et al. Evaluation of the lower extremity veins in patients with suspected pulmonary embolism: a retrospective comparison of helical CT venography and sonography. 2000 ARRS Executive Council Award I. American Roentgen Ray Society. *AJR Am J Roentgenol* 2000;175:1525-31
8. Stein PD, Henry JW. Clinical characteristics of patients with acute pulmonary embolism stratified according to their presenting syndromes. *Chest* 1997;112:974-9
9. Worsley DF, Alavi A, Aronchick JM, et al. Chest radiographic findings in patients with acute pulmonary embolism: observations from the PIOPED Study. *Radiology* 1993 ;189:133-6.
10. Webber MM, Gomes AS, Roe D, et al. Comparison of Biello, McNeil, and PIOPED criteria for the diagnosis of pulmonary emboli on lung scans. *AJR Am J Roentgenol* 1990;154:975-81
11. Selby JB, Callcott F, Gordon L, Gardner J. Utility of Tc-99m DTPA aerosol inhalation scans following perfusion lung scans in the diagnosis of pulmonary embolism. *Clin Nucl Med* 1990;15:143-9
12. Lesser BA, Leeper KV Jr, Stein PD, et al. The diagnosis of acute pulmonary embolism in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1992;102:17-22
13. Miniati M, Pistolesi M, Marini C, et al. Value of perfusion lung scan in the diagnosis of pulmonary embolism: results of the Prospective Investigative Study of Acute Pulmonary Embolism Diagnosis (PISA-PED). *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:1387-93
14. Hayashino Y, Goto M, Noguchi Y, Fukui T. Ventilation-perfusion scanning and helical CT in suspected pulmonary embolism: meta-analysis of diagnostic performance. *Radiology* 2005;234:740-8

15. Wittram C, Maher MM, Yoo AJ, et al. CT angiography of pulmonary embolism: diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. *Radiographics* 2004;24:1219-38
16. Wittram C, Maher MM, Halpern EF, Shepard JA. Attenuation of Acute and Chronic Pulmonary Emboli. *Radiology* 2005 Apr 15; published on line
17. Hansell DM. Spiral computed tomography and pulmonary embolism: current state. *Clin Radiol* 1997;52:575-81
18. Goodman LR, Curtin JJ, Mewissen MW, et al. Detection of pulmonary embolism in patients with unresolved clinical and scintigraphic diagnosis: helical CT versus angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1995;164:1369-74.
19. Rodger M, Wells PS. Diagnosis of pulmonary embolism. *Thromb Res* 2001;103:V225-38
20. Gurney JW. No fooling around: direct visualization of pulmonary embolism. *Radiology* 1993;188:618-9
21. ACCP Consensus Committee on Pulmonary Embolism. American College of Chest Physicians. Opinions regarding the diagnosis and management of venous thromboembolic disease. *Chest* 1998;113:499-504
22. Goodman LR, Lipchik RJ, Kuzo RS, et al. Subsequent pulmonary embolism: risk after a negative helical CT pulmonary angiogram--prospective comparison with scintigraphy. *Radiology* 2000;215:535-42
23. Patel S, Kazerooni EA, Cascade PN. Pulmonary embolism: optimization of small pulmonary artery visualization at multi-detector row CT. *Radiology* 2003; 227: 455
24. Coche E, Verschuren F, Keyeux A, et al. Diagnosis of acute pulmonary embolism in outpatients: comparison of thin-collimation multi-detector row spiral CT and planar ventilation-perfusion scintigraphy. *Radiology*. 2003;229:757-65. Erratum in: *Radiology* 2004;232:627-8
25. Ohno Y, Higashino T, Takenaka D, et al. MR angiography with sensitivity encoding (SENSE) for suspected pulmonary embolism: comparison with MDCT and ventilation-perfusion scintigraphy. *AJR Am J Roentgenol* 2004;183:91-8
26. Winer-Muram HT, Rydberg J, Johnson MS, et al. Suspected acute pulmonary embolism: evaluation with multi-detector row CT versus digital subtraction pulmonary arteriography. *Radiology* 2004;233:806-15
27. Revel MP, Petrover D, Hernigou A, Lefort C, Meyer G, Frija G. Diagnosing pulmonary embolism with four-detector row helical CT: prospective evaluation of 216 outpatients and inpatients. *Radiology* 2005;234:265-73
28. Wolfe TR, Hartsell SC. Pulmonary embolism: making sense of the diagnostic evaluation. *Ann Emerg Med* 2001;37:504-14
29. International Commission on Radiological Protection, Publication 87: CT dose management
30. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, Volume I, Annex D: Medical radiation exposures
31. Gupta A, Frazer CK, Ferguson JM, et al. Acute pulmonary embolism: diagnosis with MR angiography. *Radiology* 1999;210:353-9