



Divisione radioprotezione  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Codice della pratica: L-10-05  
Redatta il: 04.06.2018  
N. di revisione: 1

Guida L-10-05

## Raccomandazioni per la protezione del personale durante la scintigrafia polmonare ventilatoria

### 1. Contesto, scopo

La scintigrafia polmonare ventilatoria viene eseguita, nella maggior parte dei casi, in combinazione con una scintigrafia polmonare perfusoria per confermare rispettivamente per escludere, un'embolia polmonare. La scintigrafia polmonare ventilatoria consiste nella somministrazione per via inalatoria di un radiofarmaco, la cui distribuzione nei segmenti polmonari è rilevata in base alle radiazioni gamma da esso emesse. La scintigrafia polmonare ventilatoria può essere eseguita mediante una gamma camera durante l'inalazione di un gas inerte radioattivo o dopo l'inalazione di un aerosol radioattivo sulla base della sua deposizione nel sistema bronchiale.

La scintigrafia polmonare ventilatoria è sostituita a volte dalla tomografia computerizzata con mezzo di contrasto, sebbene l'esame TC comporta dosi per paziente più alte ed espone i pazienti a una dose efficace di 2 - 6 mSv dopo l'ottimizzazione di tutti i parametri [1]. Al contrario, nella scintigrafia polmonare ventilatoria la dose efficace è generalmente inferiore a 1 mSv. Oltre alla minore esposizione alle radiazioni, tra i vantaggi della scintigrafia polmonare vanno citati anche l'assenza di effetti tossici del mezzo di contrasto sui reni nonché la maggiore sensibilità in presenza di embolie periferiche del polmone. Al momento della decisione medica che porta a scegliere se effettuare l'esame con scintigrafia polmonare ventilatoria o angiografia TC devono essere inclusi anche altri parametri. Nella pubblicazione di Vock et al. sono illustrati in modo chiaro vantaggi e svantaggi di entrambi i metodi [2].

L'esecuzione di una ventilazione polmonare può comportare un certo rischio di contaminazione e di incorporazione per il personale. In questo documento si mettono a confronto diversi metodi d'esame. Viene inoltre valutato il rischio per il personale, fornendo al contempo provvedimenti adeguati per ridurre la dose di radiazione al quale è esposto.

### 2. Esecuzione

Per l'esame della ventilazione polmonare sono disponibili diversi sistemi di ventilazione nonché radiofarmaci. Sostanzialmente, la ventilazione polmonare può essere eseguita con un aerosol marcato con  $^{99m}\text{Tc}$  (p. es.  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA) o con una dispersione di particelle di carbonio marcate con  $^{99m}\text{Tc}$  nota come Technegas.

| Radiofarmaco                      | Attività nel generatore di aerosol | Attività deposta nei polmoni | Dose efficace per un paziente adulto |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA (aerosol) | 400 - 1300 MBq                     | circa 50 - 100 MBq           | circa 0,35 – 0,70 mSv                |
| $^{99m}\text{Tc}$ -Technegas      | 300 - 700 MBq                      | circa 20 - 50 MBq            | circa 0,30 - 0,75 mSv                |

#### 2.1 $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA (aerosol)

La nebulizzazione del  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA in un aerosol può avvenire attraverso diversi sistemi (p. es. Ventiscan III o il sistema SmartVent). A dipendenza del sistema, nel generatore di radioaerosol è immessa una soluzione di  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA di 400 - 1300 MBq, dei quali da circa 20 a 40 MBq si depongono nei polmoni dei pazienti. La durata della seduta di inalazione varia da 1 a 5 minuti a seconda del sistema. La dose efficace è pari a 0,007 mSv/MBq, ossia in totale a circa 0,28 mSv per esame in situazioni normali. Se i



Divisione radioprotezione  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Codice della pratica: L-10-05  
Redatta il: 04.06.2018  
N. di revisione: 1

pazienti tolgono il boccaglio durante il trattamento, il radioaerosol fuoriesce in quantità diverse a dipendenza del sistema utilizzato. Secondo le informazioni fornite dall'azienda, con il sistema SmartVent in una tale evenienza non si dovrebbe verificare alcuna fuoriuscita di radioaerosol.

## 2.2 <sup>99m</sup>Tc-Technegas

Il Technegas è prodotto da un generatore di Technegas. In un'atmosfera di argon priva di ossigeno, crogioli di grafite composti da grafite purissima sono riscaldati a 2550 °C in presenza di <sup>99m</sup>Tc-sodio pertecnetato, formando una dispersione finissima di microparticelle di carbonio marcate con <sup>99m</sup>Tc. A questa temperatura elevata, una quantità molto piccola di grafite evapora dando origine ad aggregati ultramicroscopici formati da pochi atomi di carbonio, ognuno dei quali contiene tecnezio.

La maggior parte delle particelle di <sup>99m</sup>Tc-Technegas si deposita negli alveoli polmonari e solo una piccola parte è di nuovo espulsa con la respirazione. Non avviene alcun processo di *clearance* per diffusione nel lume vascolare e la radioattività nei polmoni decade praticamente secondo il tempo di dimezzamento fisico del <sup>99m</sup>Tc. Nei pazienti con gravi alterazioni della ventilazione una parte delle particelle di <sup>99m</sup>Tc-Technegas può depositarsi e permanere nelle vie aeree superiori. Questa radioattività viene espulsa principalmente espettorando il muco o viene eliminata, dopo ingestione, attraverso il tratto gastrointestinale senza essere stata assorbita.

Il crogiolo di grafite dovrebbe essere riempito con 200 - 750 MBq di <sup>99m</sup>Tc pertecnetato. Solo circa il 20 - 30 per cento di questa attività è incorporata negli aggregati di carbonio del <sup>99m</sup>Tc Technegas e inalato dal paziente. La quantità e l'attività specifica del <sup>99m</sup>Tc-Technegas inalato dipendono in larga misura dal tempo che intercorre tra la preparazione del <sup>99m</sup>Tc-Technegas e la sua inalazione da parte del paziente. Il Technegas dovrebbe essere inalato entro 10 minuti dalla preparazione nel generatore. Il paziente respira l'aerosol attraverso 3-5 atti respiratori. La dose efficace per i pazienti è pari a 0,018 mSv/MBq, ossia al massimo 4 mSv (30% di 750 MBq), ma generalmente è pari a circa 0,7 mSv.

## 2.4 Rischio di contaminazione e di inalazione per il personale

In caso di utilizzo di radioaerosol, se il paziente non coopera sufficientemente o in caso di difficoltà di respirazione attraverso il sistema di tubi, può verificarsi una contaminazione dell'aria, questo può generare sostanzialmente un certo rischio di contaminazione e inalazione per il personale. La probabilità che ciò avvenga risulta essere più elevata utilizzando il sistema Technegas, ragion per cui quest'ultimo sarà trattato qui di seguito in maniera particolarmente dettagliata.

In uno studio sul Technegas [3] sono stati analizzati l'attività dovuta alle particelle di carbonio marcate con <sup>99m</sup>tecnezio incorporata dal personale durante la scintigrafia polmonare ventilatoria mediante Technegas e i provvedimenti con i quali questa incorporazione può essere ridotta. I provvedimenti proposti, che hanno portato a una riduzione di 1000 volte dell'incorporazione da parte del personale consistevano in:

- a) riconversione del generatore con moderne tecnologie di filtrazione e modifica del software di controllo;
- b) unità d'aspirazione supplementare con cappa aspirante e portata di aspirazione di circa 300 m<sup>3</sup>/h posizionata sopra la testa del paziente durante e dopo la ventilazione;
- c) far respirare al paziente aria ambiente nell'unità d'aspirazione per almeno un minuto al termine della ventilazione;
- d) determinare, con tecnologie di misurazione esterne, il momento in cui l'attività accumulata nei polmoni è sufficiente per la scintigrafia, e infine
- e) cambiarsi d'abito e fare la doccia.



Divisione radioprotezione  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Codice della pratica: L-10-05  
Redatta il: 04.06.2018  
N. di revisione: 1

Senza l'applicazione dei provvedimenti proposti sono state determinate per mezzo di un contatore a corpo intero attività dovute a incorporazione comprese tra 500 e 800 kBq per ogni esame con il Technegas. In questo caso al valore della misurazione si sovrapponeva una notevole contaminazione dato che, dopo il cambio degli abiti e la doccia, i valori hanno subito una riduzione compresa tra l'80 e il 90 per cento. Per valutare l'effettiva incorporazione, pertanto, il valore in Becquerel rilevato nei polmoni è stato moltiplicato per un fattore 0,25, in modo da correggere la quota relativa alla contaminazione sovrapposta. È stato scelto un fattore maggiore del più alto valore singolo misurato in modo da garantire di non sottostimare l'incorporazione. Con questa correzione, l'attività incorporata risultava in una dose efficace massima di 3,6  $\mu$ Sv per esame. Con 20 esami all'anno ciò corrisponde a una dose efficace di 72  $\mu$ Sv. Confrontando, per esempio, questa dose con quella derivante dall'irradiazione esterna negli esami PET, il rischio connesso agli esami della ventilazione polmonare può essere considerato minore a condizione che si applicano tutte le precauzioni. Negli esami con  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA la dose presunta è molto più bassa.

### 3. Raccomandazioni dell'UFSP

Poiché l'esame per sua natura comporta un rischio di incorporazione per il personale, si raccomanda di effettuare un'immediata misurazione di sondaggio dopo ogni esame della ventilazione polmonare, quindi non solo al termine della giornata conformemente all'ordinanza sulla dosimetria [4]. Con questa misurazione di controllo un'eventuale contaminazione verrebbe rilevata.

Se la misurazione di sondaggio indica un valore elevato, si raccomanda di cambiarsi d'abito. È stato accertato che neanche l'abbigliamento protettivo monouso può evitare che si contaminino gli indumenti indossati sotto di esso [6]. Dopo il cambio d'abito e a seguito di eventuali ulteriori provvedimenti di decontaminazione sul corpo, la misurazione di sondaggio deve essere ripetuta.

Qualora la ventilazione sia eseguita vicino alla gamma camera, è consigliabile coprire bene con dei teli le superfici di misurazione della camera.

Inoltre tra la ventilazione e la misurazione dovrebbe trascorrere il minor tempo possibile e la ventilazione dovrebbe essere effettuata in locali non impiegati simultaneamente da altri pazienti.

### 4. Riferimenti

[1] Mayo JR, Alsrich J, Müller NL. Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society. *Radiology* 2003; 228: 15-21

[2] Vock P, Müller-Brand J, Valley J-F. Medizinische Strahlenexposition in der Schweiz. Teil 2: Die Rolle dosisintensiver Untersuchungen, insbesondere der Computertomographie (CT). *Schweiz Med Forum* 2004; 4: 865-872

[3] Jürgen Petzold, Hadi Alborzi, Rico Fundke, Livia Petzold, Osama Sabri, Anita Seese, "Verringerung der Inkorporation von  $^{99m}\text{Tc}$  beim Personal während Lungenventilationsuntersuchungen." in *Strahlenschutzpraxis* 2007, numero 3/2007, pag. 23-28

[4] Ordinanza sulla dosimetria individuale e ambientale (Ordinanza sulla dosimetria, RS 814.501.43) del 26 aprile 2017, allegato 15, n. 22.