



Guida

Scintigrafia polmonare ventilatoria

V1.1 20.04.2026

www.bag.admin.ch/it/radioprotezione-guide

Contatti

Tel.: 058 462 96 14

E-Mail: str@bag.admin.ch

Raccomandazioni per la protezione del personale durante la scintigrafia polmonare ventilatoria

L'esecuzione di una ventilazione polmonare può comportare un certo rischio di contaminazione e di incorporazione per il personale. In questa guida 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.

1 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 (angiografia TC), sebbene l'esame TC comporta dosi per paziente più alte. Una TC comporta una dose efficace di 2–6 mSv per il paziente [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].

2 Esecuzione

Per l'esame della ventilazione polmonare sono disponibili diversi sistemi di ventilazione nonché radiofarmaci. La ventilazione polmonare con un aerosol marcato con Tc-99m (p. es. Tc-99m-DTPA) e con una dispersione di particelle di carbonio marcate con Tc-99m nota come «Technegas» sono discusse in modo più dettagliato di seguito.

Tabella 1: Attività abituali di ventilazione polmonare e dose efficace per i pazienti con Tc-99m-DTPA (aerosol) e Tc-99m-Technegas

| Radiofarmaco | Attività nel generatore di aerosol | Attività deposta nei polmoni | Dose efficace ¹ |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Tc-99m-DTPA (aerosol) | 400–1300 MBq | ca. 50–100 MBq | ca. 0.35–0.70 mSv |
| Tc-99m-Technegas | 300–700 MBq | ca. 20–50 MBq | ca. 0.30–0.75 mSv |

¹ per un paziente adulto

2.1 Tc-99m-DTPA (aerosol)

La nebulizzazione del Tc-99m-DTPA in un aerosol può avvenire attraverso diversi sistemi (p. es. «Ventiscan™» o il sistema «SmartVent™»). A dipendenza del sistema, nel generatore di radioaerosol è immessa una soluzione di Tc-99m-DTPA di 400–1300 MBq, dei quali da circa 20–40 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 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 Tc-99m-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 Tc-99m-sodio per tecnecato. A questa temperatura elevata, una quantità molto piccola di grafite evapora e si forma una dispersione finissima di microparticelle di carbonio marcate con Tc-99m (aggregati Technegas).

Dopo l'inalazione del Technegas, la maggior parte delle microparticelle 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, per cui la radioattività nei polmoni decade praticamente secondo il tempo di dimezzamento fisico del Tc-99m. Nei pazienti con gravi malattie respiratorie una parte delle particelle di Tc-99m-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 Tc-99m-per tecnecato. Solo circa il 20–30 % di questa attività è incorporata negli aggregati di carbonio del Tc-99m-Technegas e inalato dal paziente. La quantità e l'attività specifica del Tc-99m-Technegas inalato dipendono in larga misura dal tempo che intercorre tra la preparazione del Tc-99m-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 (20 % di 200 MBq).

2.3 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.

Petzold et al. [3] hanno analizzati l'attività dovuta alle particelle di carbonio marcate con Tc-99m incorporata dal personale durante la scintigrafia polmonare ventilatoria mediante Technegas e i provvedimenti con i quali questa incorporazione può essere ridotta. Di seguito sono elencate i provvedimenti proposti che hanno portato a una riduzione di 1000 volte dell'incorporazione da parte del personale:

- riconversione del generatore con moderne tecnologie di filtrazione e modifica del software di controllo;
- posizionamento di un'unità d'aspirazione supplementare con cappa aspirante e portata di aspirazione di circa 300 m³/h sopra la testa del paziente durante e dopo la ventilazione;
- il paziente deve espirare aria ambiente nell'unità d'aspirazione per almeno un minuto al termine della ventilazione;
- determinare, con tecnologie di misurazione esterne, il momento in cui l'attività accumulata nei polmoni è sufficiente per la scintigrafia;
- cambiarsi d'abito e fare la doccia dopo il trattamento.

Per mezzo di un contatore a corpo intero, Petzold et al. hanno determinato l'attività incorporata dal personale dopo un esame con Technegas. Senza l'applicazione di questi provvedimenti, sono stati misurati 500–800 kBq per esame, per cui non tutta l'attività è stata effettivamente incorporata, ma è stata anche depositata come contaminazione superficiale sugli abiti. I valori misurati potrebbero quindi essere ridotti dell'80–90 % cambiandosi d'abito e facendo la doccia.

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 µSv per esame. Con 20 esami all'anno ciò corrisponde a una dose efficace di 72 µSv. 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 provvedimenti. Negli esami con Tc-99m-DTPA la dose presunta è ancora più bassa.

3 Raccomandazioni dell'UFSP

Ogni esame della ventilazione polmonare comporta un rischio di contaminazione e incorporazione per il personale. Per questo motivo, l'UFSP raccomanda di effettuare un'immediata misurazione di sondaggio dopo ogni esame e non solo al termine della giornata conformemente all'ordinanza sulla dosimetria [4]. Con questa misurazione di controllo un'eventuale contaminazione verrebbe anche 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 [3].

Dopo il cambio d'abito e a seguito di eventuali ulteriori provvedimenti di decontaminazione sul corpo (p. es. doccia), 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. La ventilazione dovrebbe essere effettuata in locali non impiegati simultaneamente da altri pazienti.

4 Riferimenti

- [1] Mayo J.R., Aldrich J., Müller N.L. 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] Petzold J., Alborzi H., Fundke R., Petzold L., Sabri O., Seese A. «*Verringerung der Inkorporation von ^{99m}Techne- tium beim Personal während Lungen- ventilationsuntersuchungen.*» 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.

5 Valore giuridico

Queste guide sono un aiuto all'esecuzione fornito dall'UFSP in qualità di autorità di vigilanza per la radioprotezione e si rivolgono primariamente ai titolari di licenze e ai periti. Concretizzano determinati requisiti richiesti dal diritto in materia di radioprotezione e corrispondono allo stato attuale della scienza e della tecnica. I titolari di licenze e i periti che si attengono a queste guide possono presumere di eseguire conformemente il diritto in materia di radioprotezione.