



Wegleitung L-10-05

## Empfehlungen zum Schutz des Personals bei der Lungen-ventilationsszintigraphie

### 1. Ausgangslage, Zweck

Die Lungenventilationsszintigraphie wird in den meisten Fällen in Kombination mit einer Lungenperfusionsszintigraphie zum Nachweis bzw. Ausschluss von Lungenembolien durchgeführt. Bei der Lungenventilationsszintigraphie wird über die Atemluft ein Radiopharmazeutikum zugeführt, dessen Verteilung in den Lufträumen der Lunge anhand der von ihr ausgehenden Gammastrahlung beobachtet wird. Die Ventilationsszintigraphie kann entweder während des Einatmens eines radioaktiven Edelgases oder nach dem Einatmen von radioaktivem Aerosol nach dessen Ablagerung im Bronchialsystem mit einer Gamma-Kamera durchgeführt werden.

Die Lungenventilationsszintigraphie wird teilweise durch Computertomographie mit Kontrastmittel ersetzt, ungeachtet der höheren Patientendosis durch die CT-Untersuchung, welche die Patienten einer effektiven Dosis von 2 - 6 mSv [1] aussetzt. Demgegenüber liegt die effektive Dosis der Lungenventilationsszintigraphie in der Regel unter 1 mSv. Neben der geringeren Strahlenbelastung sind aber auch die fehlende Kontrastmittelbelastung der Niere sowie die höhere Sensitivität für periphere Lungenembolien als Vorteile der Lungenszintigraphie zu nennen. In die ärztliche Entscheidung, ob für die Untersuchung die Lungenventilationsszintigraphie oder die CT-Angiographie gewählt wird, auch andere Parameter mit einbezogen werden müssen. Die Vor- und Nachteile beider Methoden werden in der Publikation von Vock übersichtlich dargestellt [2].

Die Durchführung einer Lungenventilation kann mit einer gewissen Kontaminations- sowie Inkorporationsgefahr für das Personal verbunden sein. In diesem Dokument sollen verschiedene Untersuchungsmethoden miteinander verglichen werden. Die Gefahr für das Personal wird abgeschätzt, wobei sinnvolle Massnahmen zur Reduktion der Personalstrahlendosis empfohlen werden.

### 2. Durchführung

Es stehen verschiedene Ventilationssysteme, sowie Radiopharmazeutika für die Lungenventilationsuntersuchung zur Verfügung. Im Wesentlichen kann die Lungenventilation mit einem mit  $^{99m}\text{Tc}$ -markierten Aerosol (z.B.  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA) oder mit den als Technegas bekannten  $^{99m}\text{Tc}$ -markierten Kohlenstoffpartikeln durchgeführt werden.

| Radiopharmazeutikum               | Aktivität im Aerosolgenerator | Aktivität in der Lunge deponiert | effektive Dosis für einen erwachsenen Patienten |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA (Aerosol) | 400 - 1300 MBq                | ca. 50 - 100 MBq                 | ca. 0.35 - 0.70 mSv                             |
| $^{99m}\text{Tc}$ -Technegas      | 300 - 700 MBq                 | ca. 20 - 50 MBq                  | ca. 0.30 – 0.75 mSv                             |

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

Die Zerstäubung des  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA zu einem Aerosol kann in verschiedenen Systemen erfolgen (z. Bsp. Ventiscan III oder das SmartVent-System). Je nach System werden 400 - 1300 MBq  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA-Lösung in den Radio-Aerosol-Generator gegeben, wovon die Patienten etwa 20 bis 40 MBq in den Lungen deponieren. Die Inhalationsdauer beträgt je nach System 1 bis 5 Minuten. Die effektive Dosis beträgt 0.007 mSv/MBq, also im Normalfall insgesamt ca. 0.28 mSv pro Untersuchung. Wenn Patienten



während der Behandlung das Mundstück entfernen, entweichen je nach verwendetem System verschiedene Mengen Radio-Aerosol. Dabei soll gemäss Firmenangabe beim SmartVent-System kein Radio-Aerosol entweichen.

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

Technegas wird in einem Technegas-Generator hergestellt. Dabei werden Graphittiegel, die aus ultrareinem Graphit bestehen in Gegenwart von <sup>99m</sup>Tc- Natriumpertechnetat auf 2550 °C in einer sauerstofffreien Argon-Atmosphäre erhitzt und bilden eine ultrafeine Dispersion, die aus mit <sup>99m</sup>Tc-markierten Kohlenstoff-Mikropartikeln besteht. Bei dieser hohen Temperatur verdampft eine sehr geringe Menge Graphit, wobei ultramikroskopische, aus wenigen Kohlenstoffatomen bestehende Aggregate entstehen, von welchen jedes Technetium enthält.

Die Partikel von <sup>99m</sup>Tc-Technegas werden in den Lungenalveolen zum grösseren Teil niedergeschlagen und nur zum kleineren Teil wieder abgeatmet. Es findet keine Clearance durch Diffusion in den Gefässraum statt und die Radioaktivität in den Lungen klingt praktisch mit der physikalischen Halbwertszeit des <sup>99m</sup>Tc ab. Bei Patienten mit schweren Ventilationsstörungen kann sich ein Teil der <sup>99m</sup>Tc-Technegas-Partikel in den oberen Atemwegen ablagern und zurückbleiben. Diese Radioaktivität wird hauptsächlich mit dem Schleim abgehustet oder nach dem Schlucken ohne eine Absorption durch den Magen-Darm-Trakt ausgeschieden.

Der Graphittiegel sollte mit 200 - 750 MBq <sup>99m</sup>Tc-Pertechnetat gefüllt werden. Von dieser Aktivität werden nur etwa 20 - 30% in die Kohlenstoffaggregate des <sup>99m</sup>Tc-Technegas eingebaut und vom Patienten eingeatmet. Dabei sind Menge und spezifische Aktivität des inhalierten <sup>99m</sup>Tc-Technegas stark von der Zeit abhängig, die von der Herstellung des <sup>99m</sup>Tc-Technegas bis zu dessen Inhalation durch die Patienten verstreicht. Technegas sollte nicht später als 10 Minuten nach Herstellung im Generator inhaliert werden. Der Patient atmet das Aerosol mittels 3 - 5 Atemzügen ein. Die effektive Dosis für Patienten beträgt 0.018 mSv/MBq, also maximal 4 mSv (30% von 750 MBq), in der Regel jedoch ca. 0.7 mSv.

## 2.4 Kontaminations- und Inhalationsgefahr für das Personal

Da bei den Radio-Aerosolen bei schlechter Kooperation des Patienten oder bei Schwierigkeiten mit der Atmung über das Schlauchsystem zu einer Kontamination der Luft kommen kann, besteht grundsätzlich eine gewisse Kontaminations- und Inhalationsgefahr für das Personal. Die höhere Wahrscheinlichkeit dafür besteht wohl beim Technegas-System, weshalb es hier nachfolgend besonders detailliert behandelt wird.

In einer Publikation über Technegas [3] wurde untersucht, welche Aktivität an <sup>99m</sup>Tc-Kohlenstoffpartikeln bei der Lungenventilationsszintigraphie mittels Technegas vom Personal inkorporiert wird, und mit welchen Massnahmen diese Inkorporation vermindert werden kann. Die vorgeschlagenen Massnahmen, die zu einer Verringerung der Inkorporation beim Personal um den Faktor 1000 führten, waren:

- a) Umrüstung des Generators mit moderner Filtertechnik und Änderung der Steuerungssoftware,
- b) Zusätzliche Absaugeinheit mit Absaugglocke und Saugleistung von etwa 300 m<sup>3</sup>/h während und nach der Ventilation über dem Patientenkopf positioniert,
- c) Patient muss nach der Ventilation mindestens 1 Minute Raumluft in die Absaugeinheit atmen,
- d) mit externer Messtechnik den Zeitpunkt der für die Szintigraphie ausreichenden Aktivitätsanreicherung in der Lunge bestimmen und schliesslich
- e) Kleiderwechsel und Duschen.



Ohne Anwendung der vorgeschlagenen Massnahmen, wurden Inkorporationsaktivitäten von 500 bis 800 kBq pro Untersuchung mit Technegas, mittels eines Ganzkörperzählers bestimmt. Eine erhebliche Kontamination überlagerte dabei die Messung, da sich die Werte nach Kleiderwechsel und Duschen um 80 bis 90 % verringerten. Für die Abschätzung der tatsächlichen Inkorporation wurde deshalb der über der Lunge ermittelte Wert in Becquerel mit einem Faktor 0.25 multipliziert, um den Anteil der überlagernden Kontamination zu korrigieren. Der Faktor wurde grösser gewählt als der grösste gemessene Einzelwert um sicherzustellen, dass die Inkorporation nicht unterbewertet wird. Mit dieser Korrektur führte die inkorporierte Aktivität zu einer effektiven Dosis von maximal 3.6  $\mu\text{Sv}$  pro Untersuchung. Bei 20 Untersuchungen pro Jahr ergibt dies eine effektive Dosis von 72  $\mu\text{Sv}$ . Vergleicht man diese Dosis für das Personal zum Beispiel mit jener durch die externe Bestrahlung bei PET-Untersuchungen, so ist die Gefahr, die von Lungenventilationsuntersuchungen ausgeht als sehr gering zu bezeichnen, wenn alle Vorsichtsmassnahmen angewendet werden. Bei Untersuchungen mit  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA ist die anzunehmende Dosis noch um einiges tiefer.

### 3. Empfehlungen des BAG

Da die Untersuchung naturgemäss ein Inkorporationspotential für das Personal mit sich bringt, wird eine sofortige Triage-Messung nach jeder Lungenventilationsuntersuchung empfohlen, also nicht nur am Tagesende gemäss Dosimetrierverordnung [4]. Mit dieser Kontrollmessung würde eine Kontamination ebenfalls entdeckt.

Ein Kleiderwechsel ist empfohlen, wenn die Triage-Messung einen erhöhten Wert anzeigt. Es wurde festgestellt, dass auch Einwegüberkleidung die Kontamination der darunter getragenen Kleidung nicht verhindern kann [3]. Nach dem Wechsel und gegebenenfalls weiterer Dekontaminationsmassnahmen am Körper ist die Triage-Messung zu wiederholen.

Falls die Ventilation neben der Gamma-Kamera durchgeführt wird, ist es ratsam, die Messoberflächen der Kamera mit Leintüchern gut abzudecken.

Ferner sollte die Ventilation möglichst zeitnah zur Messung erfolgen und in Räumen, die nicht gleichzeitig von anderen Patienten benutzt werden.

### 4. Referenzen

[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  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  beim Personal während Lungenventilationsuntersuchungen." in *Strahlenschutzpraxis* 2007, Heft 3/2007, S.23-28.

[4] Verordnung über die Personen- und Umgebungsdosimetrie (Dosimetrierverordnung, SR 814.501.43) vom 26. April 2017 (Stand am 1. Januar 2018), Anhang 15, Nr. 22.