

Nuklearmedizin

V/Q-Szintigraphie bei Verdacht auf Lungenembolie – Mauerblümchen oder Verfahren der ersten Wahl?

Fabian Haupt, dipl. Arzt; Prof. Dr. med. Thomas Krause; Dr. med. Bernd Klaeser

Universitätsklinik für Nuklearmedizin, Inselspital, Bern

Die klassische planare Lungenszintigraphie begleitete schon ältere Semester der Leserschaft durch Studium und erste Berufsjahre. In Zeiten, als ein konventionelles Röntgenbild diagnostischer Standard war und die Computertomographie noch mit den Limitationen der erwachenden Digitalisierung kämpfte, half bei klinischem Verdacht auf eine Lungenembolie allein die geübte Interpretation der Lungenperfusion durch den Kollegen der Nuklearmedizin. Nach Einführung der modernen Mehrzeilen-CT-Pulmonalisangiographie (CTPA) findet sich die V/Q-Szintigraphie zwischenzeitlich vielerorts auf der diagnostischen Ersatzbank wieder, um nur bei Kontrastmittelallergie oder Niereninsuffizienz zum Einsatz zu kommen. Doch zu Recht?

Prinzip der Lungenszintigraphie

Bei der Perfusionsszintigraphie werden radioaktiv markierte Albumin-Partikel intravenös injiziert, um das Kapillarbett der Lunge mittels minimaler iatrogenen Mikro-Embolisation sichtbar zu machen. Die V/Q-Szintigraphie weist also anders als die CTPA nicht den – insbesondere auf segmentaler und subsegmentaler Ebene – verhältnismässig kleinen Embolus nach, sondern den erheblich grösseren Perfusionsausfall im nachgeschalteten Kapillarbett.

Unter physiologischen Gesichtspunkten muss berücksichtigt werden, dass neben Lungenembolien auch Belüftungsstörungen Ursache pulmonaler Minderdurchblutung sein können. Die sekundäre Vasokonstriktion bei regional verminderter Oxygenierung (Euler-Liljestrand-Mechanismus) tritt z.B. bei COPD, Asthma, Emphysem und Fibrose auf und kann in der V/Q-Szintigraphie direkt erfasst werden. Die Diagnose einer Lungenarterien-Embolie (LAE) setzt somit unter pathophysiologischen Gesichtspunkten zwingend den exakten Vergleich der Perfusionsszintigraphie mit der Ventilationsszintigraphie voraus. Diese Grundbedingung war jedoch – als eine Ironie der Medizingeschichte – in der Blütezeit der V/Q-Szintigraphie regelhaft nicht erfüllt. Die PLOPED-Studien wieder-

spiegelten das methodische Problem mit einer für klinische Belange nicht ausreichend sicheren Aussage in mehr als $\frac{2}{3}$ der Fälle.

Heute eingesetzte hochfeine radioaktive Aerosole ermöglichen im Gegensatz dazu hochqualitative Ventilationsaufnahmen und im Gegensatz zu früher eingesetzten flüchtigen Edelgasen die lückenlose Korrelation von Lungenperfusion und -ventilation. Die langsame mukoziliäre Clearance dieser Aerosole erlaubt zudem, statt nur planarer Projektionsaufnahmen Tomographien zum überlagerungsfreien und detaillierten Vergleich der pulmonalen Ventilation und Perfusion anzufertigen (V/Q-SPECT). Die SPECT-Datensätze erlauben wie von der PET/CT bekannt die Überlagerung mit einer (Low-dose-)Computertomographie (V/Q-SPECT/CT), um funktionelle Störungen von Ventilation und/oder Perfusion direkt mit der Morphologie zu korrelieren. Die Strahlenbelastung ist bei der V/Q SPECT gleich niedrig wie bei der planaren Szintigraphie (1,2–2,4 mSv).

Literatur und Guidelines

Zahlreiche Studien belegen die ausserordentlich hohe Genauigkeit der V/Q-SPECT für die Diagnostik der LAE. In einer aktuellen Metaanalyse unter Einschluss von 3454 Patienten aus 9 Studien betrug die gepoolte



Fabian Haupt

Sensitivität und Spezifität der V/Q-SPECT 96% und 97% [9]. Auch für die CTPA wurden hohe diagnostische Genauigkeiten publiziert, doch eine direkte Vergleichbarkeit der Studienresultate ist im Allgemeinen wegen verschiedener klinischer Indikation und verschieden zusammengesetzter Studienkollektive (v.a. Patienten mit höheren klinischen Risiko-Scores und grösseren LAE) sowie unterschiedlichen Referenzstandards in der Regel nicht gegeben. Studien mit einem Head-to-Head-Vergleich von V/Q-SPECT/(CT) und CTPA ergaben durchweg eine Überlegenheit der V/Q-SPECT, mit Sensitivitäten/Spezifitäten von 97%/89–100% gegenüber 43–86%/73–100% für die CTPA [5, 7]. Eine kürzlich erschienene vergleichende Metaanalyse mit rigiden Einschlusskriterien für den diagnostischen Referenzstandard bestätigt diese Ergebnisse für V/Q-SPECT bzw. V/Q-SPECT/CT mit einer Sensitivität/Spezifität von 93,3/93,0% bzw. 97,6/95,7% gegenüber der CTPA mit 82,0/94,9% [8]. Unter klinischen Gesichtspunkten hervorzuheben ist gegenüber der früheren planaren V/Q-Szintigraphie die sehr niedrige Rate an nicht-diagnostischen V/Q-SPECT-Untersuchungen von nur 1–3% [5, 11], die bei der Low-dose-SPECT/CT gegen Null geht.

Auch bei Schwangeren bietet die V/Q-SPECT eine äusserst zuverlässige LAE-Diagnostik, verglichen zur CTPA ohne relevante Mehrbelastung des Fötus, jedoch mit erheblich geringerer Strahlenbelastung der Mammae (Reduktion um Faktor 15 [1]) und zudem ohne erhöhte Rate nicht-diagnostischer Untersuchungen [4].

Die V/Q-Szintigraphie in SPECT-Technik wurde bereits 2009 in den Guidelines der Europäischen Gesellschaft für Nuklearmedizin (EANM) als Methode der ersten Wahl definiert [3]. Gleichzeitig wurden verbindliche Kriterien für die holistische Befundung der V/Q-SPECT definiert, die sich zwischenzeitlich im klinischen Alltag als ebenso praktikabel und robust für die Diagnostik der LAE erwiesen haben [2] und die zuvor publizierte diagnostische Genauigkeit der V/Q-SPECT unter Routinebedingungen vollständig reproduzieren liessen [6, 10]. Wie in früheren Studien schloss die V/Q-SPECT eine LAE mit einem negativen Vorhersagewert (NPV) von 98,6% praktisch aus bzw. diagnostizierte eine LAE mit einem positiven Vorhersagewert (PPV) von 95,7% [6]. Die aktuelle Kölner Konsensus-Konferenz 2016 zur Chronisch thromboembolischen pulmonalen Hypertonie (CTEPH) nimmt die V/Q-SPECT entsprechend ihrer hohen diagnostischen Genauigkeit als Bildgebung der Wahl in den diagnostischen Algorithmus der CTEPH auf [12].

Eigene Erfahrungen

Die V/Q-SPECT wurde bereits vor rund 15 Jahren am Inselspital eingeführt und hat sich seither in der Routine als ebenso präzise wie zuverlässige Methode bewährt. Die Untersuchung wird von unseren Patienten sehr gut – ohne jegliche Nebenwirkung oder Komplikation – toleriert und erlaubt trotz eines hohen Anteils von Patienten mit COPD bzw. anderen Atemwegserkrankungen in unserem Patientengut regelhaft eine eindeutige, abschliessende Diagnose. Die SPECT/CT-Bildfusion, entweder mit einer synchron akquirierten Low-dose-CT oder durch Software-basierte Bildfusion mit einer vorgängig akquirierten CTPA, leistet in den wenigen Fällen nützliche Dienste, in denen mit der SPECT allein noch keine sichere Diagnose möglich ist (Abb. 1). Nicht selten erfolgt die V/Q-SPECT als Zweitlinien-Untersuchung zum sicheren Ausschuss einer LAE bei Patienten mit erhöhtem klinischem Risiko, nachdem die initial durchgeführte CTPA ein negatives Resultat erbrachte (Abb. 2).

Für die Praxis

Die V/Q-SPECT bzw. V/Q-SPECT/CT erlauben im Gegensatz zur früheren planaren V/Q-Szintigraphie regelhaft eine sichere und abschliessende Beurteilung möglicher LAE. Ein vorgängiges Thorax-Röntgenbild ist bei dieser Untersuchungstechnik nicht mehr erforderlich.

Die CTPA ist zweifellos als weit verbreitete und rund um die Uhr verfügbare Methode die Bildgebung der ersten Wahl bei der Frage nach akuter LAE, insbesondere bei

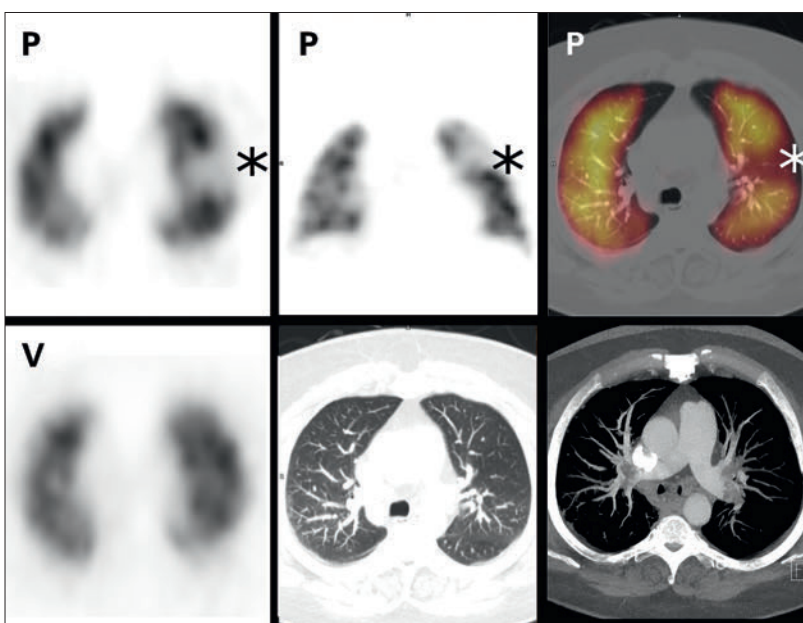


Abbildung 1: V/Q-SPECT und 10 Tage zuvor durchgeführte CTPA bei einem 49-jährigen Patienten mit klinischem Verdacht auf Lungenarterien-Embolie (V = Ventilation, P = Perfusion). Grössere subsegmentale Lungenembolie im apikoposterioren Oberlappen links (*). Wiederholt als negativ beurteilte CTPA.

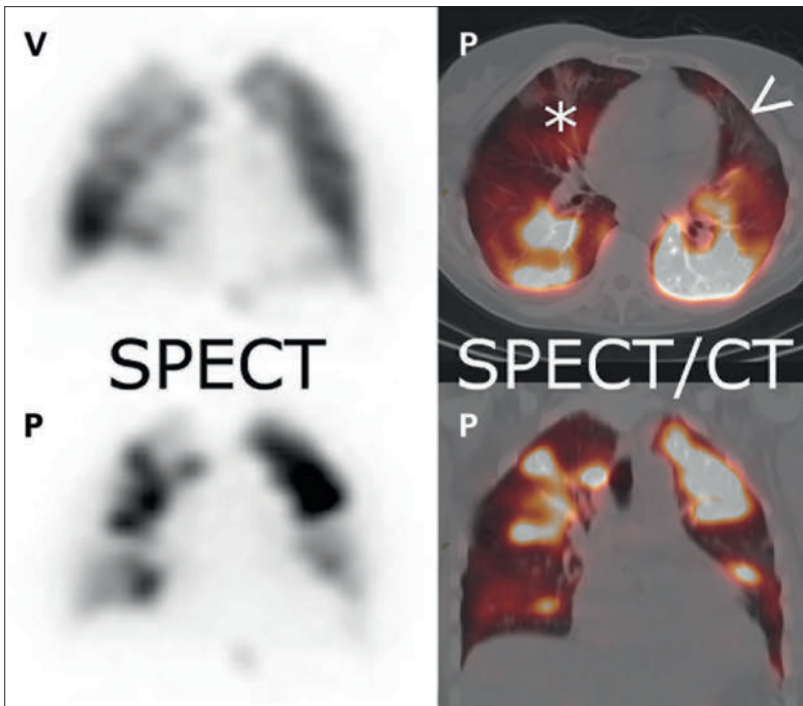


Abbildung 2: V/Q-SPECT bei einer 68-jährigen Patientin 4 Tage nach unauffälliger CTPA: Multiple segmentale und subsegmentale LAE beidseits (V = Ventilation, P = Perfusion). Zusätzlich konkordante Ventilations- und Perfusionsdefekte in Mittellappen (*) und Lingula (<), in der SPECT/CT Lungenarterien-Embolie mit beginnender Infarzierung.

hämodynamisch beeinträchtigten Patienten, und wenn gleichzeitig differentialdiagnostisch andere Pathologien auszuschliessen sind. Während die CTPA mit akzeptabel hoher diagnostischer Genauigkeit zuverlässig zentrale, lobäre und segmentale LAE ausschliesst, entgehen aber im Alltag durchaus auch grössere subsegmentale LAE dem Nachweis (Abb. 2).

Entsprechend ihrer vielfach reproduziert gleichbleibend äusserst hohen Sensitivität und Spezifität ist die V/Q-SPECT jedoch das Verfahren der ersten Wahl bei Patienten ohne hämodynamische Auffälligkeiten und mit fokussierter Fragestellung nach Lungenembolien. Die V/Q-SPECT eignet sich hervorragend auch als Zweitlinien-Untersuchung, um bei Patienten mit klinischem

Verdacht, jedoch negativer CTPA, auch kleinere LAE zuverlässig auszuschliessen. Einen unverändert hohen Stellenwert hat die V/Q-SPECT zum Ausschluss chronisch-rezidivierender LAE bei CTEPH, generell bei Kontrastmittelunverträglichkeit und in der Schwangerschaft.

Disclosure statement

Die Autoren haben keine finanziellen oder persönlichen Verbindungen im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

Literatur

- 1 Astani SA, Davis LC, Harkness BA, et al. Detection of pulmonary embolism during pregnancy: comparing radiation doses of CTPA and pulmonary scintigraphy. *Nucl Med Commun.* 2014;35:704–11.
- 2 Bajc M, Neilly JB, Miniati M, et al. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy: Part 1. Pulmonary imaging with ventilation/perfusion single photon emission tomography. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2009;36:1356–70.
- 3 Bajc M, Neilly JB, Miniati M, et al. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy: Part 2. Algorithms and clinical considerations for diagnosis of pulmonary emboli with V/P(SPECT) and MDCT. *Nucl Med Mol Imaging.* 2009;36:1528–38.
- 4 Bajc M, Olsson B, Gottsater A, et al. V/P SPECT as a diagnostic tool for pregnant women with suspected pulmonary embolism. *Nucl Med Mol Imaging.* 2015;42:1325–30.
- 5 Bajc M, Olsson B, Palmer J, et al. Ventilation/Perfusion SPECT for diagnostics of pulmonary embolism in clinical practice. *J Intern Med.* 2008;264:379–87.
- 6 Gruning T, Drake BE, Farrell SL, et al. Three-year clinical experience with VQ SPECT for diagnosing pulmonary embolism: diagnostic performance. *Clin Imaging.* 2014;38:831–5.
- 7 Gutte H, Mortensen J, Jensen CV, et al. Detection of pulmonary embolism with combined ventilation-perfusion SPECT and low-dose CT: head-to-head comparison with multidetector CT angiography. *J Nucl Med.* 2009;50:1987–92.
- 8 Hess S, Frary EC, Gerke O, et al. State-of-the-art imaging in pulmonary embolism: ventilation/perfusion single-photon emission computed tomography versus computed tomography angiography - controversies, results, and recommendations from a systematic review. *Semin Thromb Hemost.* 2016;42:833–45.
- 9 Kan Y, Yuan L, Meeks JK, et al. The accuracy of V/Q SPECT in the diagnosis of pulmonary embolism: a meta-analysis. *Acta Radiol.* 2015;56:565–72.
- 10 Le Roux PY, Palard X, Robin P, et al. Safety of ventilation/perfusion single photon emission computed tomography for pulmonary embolism diagnosis. *Nucl Med Mol Imaging.* 2014;41:1957–64.
- 11 Leblanc M, Leveille F, Turcotte E. Prospective evaluation of the negative predictive value of V/Q SPECT using 99mTc-Technegas. *Nucl Med Commun.* 2007;28:667-72.
- 12 Wilkens H, Konstantinides S, Lang I, et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: Recommendations of the Cologne Consensus Conference 2016. *Dtsch Med Wochenschr.* 2016;141:62–9.

Korrespondenz:
Prof. Dr. med.
Thomas Krause
Universitätsklinik für
Nuklearmedizin
Freiburgstrasse
CH-3010 Bern
thomas.krause[at]insel.ch