

*Lungenkrebs*

# Paradigmenwandel bei der Diagnostik von peripheren pulmonalen Läsionen?

Dr. Carolin Steinack vom Universitätsspital Zürich (USZ) führte in ihrer Präsentation am Kongress der Schweizerischen Gesellschaft für Pneumologie (SGP) in Genf durch aktuelle Daten, technische Entwicklungen und klinische Fallbeispiele. Dabei zeigte sie deutlich auf, dass die robotergestützte Bronchoskopie (RAB) in Kombination mit Cone-Beam-Computertomographiesystemen (CBCT) nicht nur einen methodischen, sondern vor allem auch einen strategischen Wandel in der pulmonologischen Diagnostik einläuten könnte.

**P**eriphere pulmonale Rundherde stellen eine zentrale diagnostische Herausforderung der modernen Thoraxmedizin dar. Besonders bei kleinen Läsionen (< 20 mm), die kein eindeutiges Bronchuszeichen aufweisen oder sich in schwer zugänglichen Lungenregionen befinden, stösst die klassische Diagnostik – einschliesslich Computertomografie (CT), radialen endobronchialen Ultraschalls (rEBUS) und konventioneller Bronchoskopie – an ihre Grenzen.

Die richtige Diagnose zur richtigen Zeit – das ist kein Luxus, sondern ein Muss. Gerade bei Lungenkrebs zählt jeder Monat, denn die Früherkennung von Lungenkarzinomen ist entscheidend für die Prognose. Internationale Studien (1) zeigen, dass eine frühe Diagnosestellung die Überlebensraten signifikant verbessert: Das mediane Überleben liegt im Stadium IA bei über 70%, wohingegen fortgeschrittene Stadien mit einer deutlich schlechteren Prognose einhergehen. Dennoch bleibt die Umsetzung einer flächendeckenden Früherkennung schwierig, nicht zuletzt aufgrund der komplexen Differenzialdiagnostik peripherer Rundherde. Eine der grossen Gefahren ist die Fehldiagnose: Entweder werden benigne Läsionen übertherapiert oder maligne Prozesse bleiben lange unentdeckt. Dr. Steinack machte klar: «Nicht jeder Rundherd ist ein Karzinom – aber wir dürfen uns auch

nicht darauf verlassen, dass sich alles von allein klärt. Wir brauchen Verfahren, die uns Klarheit verschaffen – früh, sicher und mit möglichst geringer Belastung für den Patienten.»

## Interdisziplinarität als Schlüssel zum Erfolg

Ein wichtiger Aspekt jeder erfolgreichen Lungennodulus-Diagnostik ist die Zusammenarbeit im Rahmen eines multidisziplinären Lungennodulus-Boards. Am Universitätsspital Zürich (USZ) wird dies bereits routinemässig umgesetzt. Das Ziel ist eine individualisierte Diagnostik und Therapieplanung, die sowohl medizinische als auch patientenspezifische Faktoren berücksichtigt. «Entscheidungen über Eingriffe treffen wir heute nicht mehr isoliert», so Dr. Steinack. «Wir bringen alle Informationen an einen Tisch. Gerade bei fraglichen Läsionen mit hoher Unsicherheit schafft das Klarheit und reduziert Übertherapie.»

Diese Strategie spiegelt sich auch in der diagnostischen Zielsetzung wider: hohe Trefferquoten bei möglichst geringer Invasivität. Die Einführung robotischer Systeme erweitert dabei nicht nur die technischen, sondern auch die organisatorischen Optionen.

## Robotertechnik im Vergleich: Überlegenheit durch Präzision

Die technischen Möglichkeiten der RAB+CBCT-Navigation wurden am USZ seit 2024 in einem systematischen Vergleich mit anderen Verfahren rückwirkend analysiert. Dabei wurde unter anderem die Diagnoserate bei unterschiedlichen Navigationssystemen untersucht:

- konventionelle Bronchoskopie: 79%
- elektromagnetische Navigation (EMN, Illumisite): 46%
- virtuelle Navigation (VBN, Archimedes): 47%
- RAB+CBCT: bis zu 89%, die Langzeitdaten folgen

Besonders eindrucksvoll war der Vorteil bei Läsionen unter 20 mm ohne Bronchuszeichen. Hier lag der diagnostische Zugewinn von RAB+CBCT im Vergleich zu EMN oder VBN plus Fluoroskopie bei +27 bis +39%. «Das ist kein marginaler Unterschied, das ist klinisch relevant», erklärte Dr. Steinack.

## KURZ UND BÜNDIG

- Frühdiagnose entscheidend: Kleine, periphere Lungenrundherde sind schwer zu diagnostizieren, aber frühzeitige Erkennung verbessert die Prognose deutlich.
- RAB+CBCT überlegen: Die roboterassistierte Bronchoskopie mit 3D-Bildgebung bietet höchste Präzision und Diagnoserate bei minimaler Komplikationsrate.
- Interdisziplinärer Ansatz: Teams aus verschiedenen Fachrichtungen ermöglichen individuelle, effiziente und schonende Diagnostik.
- Zukunft der Bronchoskopie: RAB+CBCT gilt als Meilenstein, soll in Screeningprogramme integriert und wirtschaftlich tragfähig gemacht werden.

Ein zusätzlicher Vorteil der RAB liegt in der hohen Steuerbarkeit. Die Integration mit CBCT erlaubt zudem eine Echtzeitkontrolle der Biopsieposition, was die diagnostische Treffsicherheit weiter erhöht.

### Intraprozedurale 3D-Bildgebung: Neue Standards der Visualisierung

Ein Kernvorteil der RAB+CBCT-Technologie liegt in der Möglichkeit der Echtzeit-Visualisierung von Läsionen während des Eingriffs. Die Verwendung von CBCT erlaubt eine dreidimensionale Darstellung der Zielstruktur in situ – mit unmittelbarem Feedback über die Biopsieposition. Gerade bei Läsionen ohne Bronchuszeichen oder mit schwieriger Topografie kann dies entscheidend sein. «Wir sehen, was wir tun und wir korrigieren sofort, wenn nötig», betonte Dr. Steinack. Dabei spielt das Real-Time-Nodule-Imaging eine Schlüsselrolle. Beispielsweise konnte eine solide Läsion von nur 8 mm im linken unteren Lappen durch diese Technik zentriert biopsiert werden – ein Szenario, das mit klassischer Technik kaum durchführbar gewesen wäre. Das Zusammenspiel von Bildgebung und robotischer Steuerung erlaubt auch mehrfache Korrekturen der Trajektorie im laufenden Eingriff, ohne dass das Verfahren invasiver wird.

Zudem trägt die präzise Planung vorab in Kombination mit intraoperativer Navigation zur signifikanten Verkürzung der Eingriffszeit bei. Während klassische CT-gestützte Biopsien mitunter mehrere Stunden in Anspruch nehmen können, beträgt die durchschnittliche Dauer einer RAB+CBCT-Prozedur am USZ lediglich rund 45 Minuten.

### Klinische Anwendungsbeispiele und Diagnosespektrum

Anhand mehrerer klinischer Fallbeispiele wurde die Bandbreite der diagnostischen Möglichkeiten eindrucksvoll demonstriert. So konnte bei einem 17-jährigen Patienten mit Fieber, Schwäche und Lungenrundherden eine nekrotisierende granulomatöse Erkrankung diagnostiziert werden. Die Histopathologie bestätigte eine Infektion mit Histoplasma capsulatum. In einem weiteren Fall wurde bei einem 37-jährigen Raucher mit produktivem Husten eine Infektion mit Mycobacterium kansasii festgestellt. «Diese Fälle zeigen, dass robotische Bronchoskopie nicht nur für Krebsdiagnosen relevant ist», erläuterte Dr. Steinack. «Auch seltene oder infektiöse Erkrankungen lassen sich frühzeitig und sicher diagnostizieren.» Gerade in Ländern mit wachsender Migration und damit zunehmender Vielfalt an Differenzialdiagnosen gewinnt dieser Aspekt an Bedeutung. Die Fähigkeit, auch atypische oder multifokale Läsionen minimalinvasiv zu untersuchen, erweitert das Spektrum diagnostischer Sicherheit erheblich.

### Multizentrische Ergebnisse und Komplikationsraten

Ein wichtiger Bestandteil der Präsentation war der Vergleich von USZ-Daten mit denen aus anderen hochspezialisierten Zentren wie der University of California, Los Angeles, (UCLA), oder der Thoraxklinik Heidelberg. In Bezug auf die diagnos-



Foto: Interventionelles Lungenzentrum (ILZ), USZ

tische Ausbeute, Komplikationsraten und technische Parameter zeigte sich die Methode sowohl als konsistent als auch sicher, was die diagnostische Ausbeute, Pneumothoraxrate und Blutungen betraf. Auch die Strahlenbelastung konnte in akzeptablem Rahmen gehalten werden. Der CBCT-Scan belastet den Patienten durchschnittlich weniger als ein diagnostisches CT oder gar eine CT-gestützte Biopsie. «Unsere Sicherheitsdaten sprechen für sich. In über 340 Eingriffen am USZ hatten wir nur drei Pneumothoraces, alle ohne Drainagenotwendigkeit», konstatierte Dr. Steinack.

### Individualisierung statt starre Leitlinien

Ein besonders kritischer Punkt der Diskussion betraf die bestehenden Leitlinien, etwa zur Überwachung sogenannter Ground-Glass-Opazitäten (GGO). Nach gegenwärtigem Standard sollen GGO  $\geq 6$  mm im Verlauf über mehrere Jahre per CT kontrolliert werden, bevor eine Intervention überhaupt erwogen wird. Diese Strategie birgt das Risiko verspäteter Diagnosen. Am USZ hingegen konnten durch den Einsatz von RAB+CBCT bereits mehrfach Adenokarzinome im Frühstadium (IA) in GGO unter  $< 10$  mm Grösse nachgewiesen werden – und das in Lokalisationen, die als «nicht erreichbar» galten. «Wenn ich eine 6 mm grosse GGO sehe, die wächst oder suspekt erscheint, will ich nicht zwei Jahre warten – ich will handeln, solange das Stadium noch operabel ist», sagte Dr. Steinack mit Nachdruck.

### Interdisziplinäre Integration: Biopsie, Markierung, Resektion in einem Schritt

Ein Paradebeispiel für den klinischen Nutzen der Methode war eine Patientin mit einer 12,3 mm grossen GGO im rechten Oberlappen. Im Rahmen eines einzigen Eingriffs wurde die Läsion biopsiert, mit einem fluoreszierenden Farbstoff (ICG) markiert, ein Marker gesetzt und die Resektion geplant. All dies erfolgte in einer Narkose – minimalinvasiv, effizient, präzise. Auch komplexere Fälle, wie ein Patient mit drei histologisch unterschiedlichen Adenokarzinomen in verschiedenen Lappen, konnten sicher klassifiziert werden. In anderen Fällen wurde sogar eine Metastasierung eines Mammakarzinoms oder ein sehr begrenztes kleinzelliges Bronchialkarzinom (SCLC) nachgewiesen. «Ohne RAB hätten wir diese Patienten vermutlich später diagnostiziert oder falsch therapiert», betonte Dr. Steinack.



### Diagnostische Leistungsfähigkeit und prognostische Faktoren

Basierend auf publizierten Daten (2) sowie eigenen Auswertungen am USZ ergibt sich ein konsistentes Bild hinsichtlich der Effektivität und Zuverlässigkeit von RAB+CBCT:

- pooled diagnostische Ausbeute: 81,9% (95%-KI[Konfidenzintervall]: 83,4–91,0%)
- pooled Sensitivität für Malignität: 87,6%
- Pneumothoraxrate: 0,6%
- schwere Blutungen ( $\geq$  Grad 3): <0,01%

Diese Daten unterstreichen, dass die Methode eine sichere und hochgradig effektive Alternative zur CT-gesteuerten Biopsie darstellen kann – insbesondere bei zentral gelegenen Läsionen oder jenen mit schwierigem Zugang. Darüber hinaus lassen sich durch die Kombination verschiedener Faktoren – wie positiver Bronchuszeichen, solider Struktur, konzentrischem rEBUS-Signal und Läsionsgrösse > 2 cm – die Erfolgsaussichten präoperativ recht zuverlässig prognostizieren. «Wir können die Erfolgswahrscheinlichkeit heute viel besser voraussagen und selektiv vorgehen», erklärte Dr. Steinack.

Trotz der beeindruckenden medizinischen Ergebnisse ist die ökonomische Umsetzung der RAB+CBCT-Technologie noch nicht abschliessend geklärt. Die Kosten pro Eingriff liegen zwar im Bereich anderer Navigationsverfahren, jedoch bestehen noch Unsicherheiten bezüglich der Refinan-

zierung durch Krankenkassen. «Finanziell ist das noch kein Selbstläufer», räumte Dr. Steinack ein. «Aber wir sollten die Technologie nicht an den Kosten scheitern lassen, wenn sie nachweislich Leben retten kann.» Sie plädierte für klare Abrechnungsmodelle und eine bessere Integration der Methode in Leitlinien und Erstattungssysteme. Angesichts der zunehmenden Bedeutung der frühzeitigen Krebsdiagnostik im Rahmen nationaler Screeningprogramme sei eine Standardisierung überfällig.

### Robotertechnik als Zukunft der Bronchoskopie

In ihrer abschliessenden Bewertung positionierte Dr. Steinack die robotisch assistierte Bronchoskopie in Kombination mit CBCT als die derzeit «erste klinisch relevante Weiterentwicklung in der bronchoskopischen Navigation». Die Methode ermögliche eine echte Stadienverschiebung in der Tumordiagnostik und führe zu konkreten Verbesserungen in der Patientenversorgung. «Wir haben inzwischen über 400 Roboterbiopsien durchgeführt – und wir sehen eine echte Veränderung im klinischen Alltag», schloss Dr. Steinack ihren Vortrag. «Für mich ist klar: Das ist kein Spielzeug – das ist ein Werkzeug, das wir brauchen.» Die nächsten Schritte



umfassen laut der Referentin die systematische Integration in Screeningprogramme, den weiteren Ausbau multizentrischer Registerstudien und die Entwicklung standardisierter Ausbildungsformate. Auch eine gezielte Forschung zu lernkurvenabhängigen Erfolgsraten und Patientenzufriedenheit sei geplant.

In der langfristigen Perspektive ist zu erwarten, dass RAB+CBCT nicht nur in der Diagnostik von Lungentumoren, sondern auch bei diffusen interstitiellen Erkrankungen, infektiösen Pathologien und sogar therapeutischen Interventionen eine Rolle spielen wird. Der technologische Trend geht in Richtung kombinierter Diagnostik-Therapie-Plattformen – etwa durch Integration von Radiofrequenz-, Kryo- oder Mikrowellenablation direkt im roboterassistierten Setting. □

Leonie Dolder

Quelle: Schweizerische Gesellschaft für Pneumologie (SGP), 15./16. Mai 2025, Genf

#### Referenzen:

1. Horeweg N et al.: Characteristics of lung cancers detected by computer tomography screening in the randomized NELSON trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;187(8):848-854. doi:10.1164/rccm.201209-1651OC
2. Pyarali FF et al.: Robotic-assisted Navigation Bronchoscopy: A Meta-Analysis of Diagnostic Yield and Complications. *J Broncho logy Interv Pulmonol.* 2024;31(1):70-81. doi:10.1097/LBR.0000000000000942

### Die wichtigsten Vorteile der Robotertechnik mit CBCT

- Präzise Diagnostik: Auch bei kleinen, peripheren oder schwer erreichbaren Läsionen
- Höhere Sicherheit: Geringe Komplikationsraten, Echtzeit-Visualisierung
- Interdisziplinäre Integration: Diagnostik, Markierung und Therapieplanung in einer Sitzung
- Klinische Relevanz: Frühzeitige Diagnose ermöglicht kurative Therapieansätze