

## **Reduktion der Strahlenexposition bei der Spiral-Computertomographie pulmonaler Rundherde: Experimentelle und klinische Untersuchungen**

S. Diederich, Münster

### **Hintergrund**

Die Computertomographie (CT) ist die beste bildgebende Methode zum Nachweis pulmonaler Rundherde in vivo. Im Vergleich mit anderen radiologischen Untersuchungen geht sie jedoch mit einer relativ hohen Strahlenexposition einher und stellt daher die wichtigste Quelle medizinischer Strahlenexposition in industrialisierten Ländern dar. In der Literatur werden effektive Dosen für eine einzelne Computertomographie des Thorax zwischen 2 mSv und 25 mSv angegeben. Diese Dosen übertreffen damit diejenigen der Thoraxübersichtsaufnahme in zwei Ebenen ( $< 0,3$  mSv) um einen Faktor von 10–100.

Das Ziel der Untersuchungen war es, den diagnostischen Wert der helikalen Niedrigdosis-CT der Lunge im Nachweis pulmonaler Rundherde im Vergleich mit CT-Protokollen unter Verwendung etablierter Dosisparameter (Standarddosis-CT) zu bestimmen.

### **Durchführung**

Zunächst erfolgten vergleichende Untersuchungen an fünf postmortal expandiert fixierten Lungenpräparaten mit bekannten pulmonalen Rundherden in einem Plexiglasphantom zur Simulation der Strahlenabsorption des Thorax eines Erwachsenen. Im Anschluss erfolgte die vergleichende Beurteilung von Niedrigdosis-CT und Standarddosis-CT an 75 Patienten.

Bei allen Patienten lagen hämatogene Metastasen solider Tumoren vor, so dass davon auszugehen war, dass die zusätzliche Niedrigdosis-CT zu keiner Verschlechterung der Prognose des Patienten führen würde und die Standarddosis-CT des Thorax wurde aus klinischer Indikation durchgeführt. Die zusätzliche Niedrigdosis-CT wurde nach ausführlicher Aufklärung nur bei schriftlicher Einwilligung des jeweiligen Patienten durchgeführt. Patienten, deren Allgemeinzustand soweit reduziert war, dass die zusätzliche Untersuchungszeit von etwa fünf Minuten als nicht zumutbar erschien, wurden von der Studie ausgeschlossen. Dieses Studiendesign wurde von der Ethikkommission der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und dem Regierungspräsidenten Münster genehmigt.

Alle postmortalen und klinischen Untersuchungen wurden an demselben Spiral-CT-Gerät (Tomoscan SR 7000, Philips, Eindhoven, Niederlande) durchgeführt.

Zunächst wurden für die Standarddosis-CT die Untersuchungsparameter verwendet, die vom Hersteller zum Zeitpunkt der Studie für die Computertomographie des Thorax

angegeben wurden (250 mA, 120 kV, Schichtdicke 10 mm, Tischvorschub 10 mm/Rotation, Rekonstruktionsintervall 10 mm). Bei der Niedrigdosis-CT wurde in einem ersten Schritt der Röhrenstrom auf 50 mA reduziert, wobei die übrigen Untersuchungsparameter konstant blieben. Eine weitere Dosisreduktion erfolgte durch die Erhöhung des Verhältnisses von Tischvorschub/Rotation und Schichtdicke (Pitch) unter Verwendung einer Schichtdicke von 5 mm und eines Tischvorschubs von 10 mm/Rotation. Insgesamt wurden alle Lungenpräparate und 39 Patienten mit einem Röhrenstrom von 50 mA untersucht. In einem zweiten Teil der Studie wurde der Röhrenstrom bei der Standarddosis-CT auf 100 mA reduziert und eine experimentelle Röhrenstromstufe von 25 mA für die Niedrigdosis-CT verwendet. Wie beim Vergleich der höheren Röhrenströme wurden zunächst Standarddosis-CT und Niedrigdosis-CT bei einem Pitch von 1 verglichen. Für eine weitere Dosisreduktion wurde wiederum der Pitch auf 2 erhöht. Um diesmal sämtliche Parameter im Vergleich von Standarddosis-CT und Niedrigdosis-CT konstant zu halten, wurde nun auch die Standarddosis-CT mit einem Pitch von 2 durchgeführt, wobei der Röhrenstrom auf 200 mA erhöht wurde. Insgesamt wurden 36 Patienten mit einem Röhrenstrom von 25 mA untersucht.

Insgesamt wurden somit drei verschiedene Stufen der Dosisreduktion bei der Niedrigdosis-CT durchgeführt, die gegenüber dem initialen Standarddosis-CT-Protokoll eine Strahlenexposition von etwa 20%, 10% und 5% darstellen.

Zwei erfahrene Befunder dokumentierten unabhängig voneinander Größe und Lokalisation pulmonaler Rundherde, die diagnostische Sicherheit des Befundes und eventuelle Artefakte. Die Standarddosis-CT wurde jeweils als „Goldstandard“ verwendet. Die effektive Dosis der verschiedenen Standarddosis-CT- und Niedrigdosis-CT-Protokolle wurde berechnet.

## **Ergebnisse**

Die Auswertung der postmortalen Untersuchungen ergab insgesamt 140 Läsionen, die durch mindestens einen Befunder bei einer Dosisstufe diagnostiziert wurden. Es fanden sich weder für die Gesamtzahl der Beobachtungen beider Befunder noch für die einzelnen Befunder statistisch signifikante Unterschiede, weder für die Gesamtheit der Rundherde noch für die einzelnen Größenklassen ( $p > 0,05$ ). Außerdem fand sich kein signifikanter Unterschied im Verhältnis der mit unterschiedlicher diagnostischer Sicherheit diagnostizierten Läsionen. Bei beiden Befundern nahm der Anteil der „eindeutigen Rundherde“ mit der Größe der Läsionen zu.

Bei den 75 Patienten wurden insgesamt 1.446 Rundherde durch mindestens einen Befunder bei einer Dosisstufe diagnostiziert. Bei Verwendung der Niedrigdosis-CT-Protokolle mit 20% und 10% der Dosis der initialen Standarddosis-CT wurden insgesamt 865 Rundherde durch zwei Befunder diagnostiziert, während durch die korrespondierende Standarddosis-CT nur 793 Rundherde entdeckt wurden. Die Unterschiede in der Anzahl mittels Standarddosis-CT und Niedrigdosis-CT diagnostizierter Rundherde betrug jeweils  $< 10\%$  und waren nicht statistisch signifikant. Außerdem fand sich kein signifikanter Unterschied in der diagnostischen Sicherheit zwischen Niedrigdosis-CT und Standarddosis-CT. Wie bei den postmortalen Untersuchungen nahm der Anteil „eindeutiger Rundherde“ mit der Größe der Läsionen zu.

Bei Verwendung des Niedrigdosis-CT-Protokolls mit 5% der Dosis des initialen Standarddosis-CT fand sich jedoch nicht nur eine insgesamt geringere Anzahl pulmonaler Rundherde gegenüber der Standarddosis-CT (983 gegenüber 1.077,  $p > 0,05$ ), sondern es wurden mittels Niedrigdosis-CT auch signifikant weniger „eindeutige Rundherde“ (779 gegenüber 885,  $p < 0,05$ ) diagnostiziert, was ausschließlich auf der geringeren Anzahl „eindeutiger Rundherde  $\leq 5$  mm“ (397 gegenüber 472,  $p > 0,05$ ) beruhte. Bei Verwendung der Standarddosis-CT als „Goldstandard“ ergab sich für die Niedrigdosis-CT eine Sensitivität von 78% für alle Rundherde, 67% für Rundherde  $\leq 5$  mm, 89% für Rundherde 6–10 mm und 100% für Rundherde  $> 10$  mm. Die entsprechenden positiven prädiktiven Werte betragen 86%, 78%, 93% und 97%.

### **Artefakte**

Bei den postmortalen Studien und den klinischen Untersuchungen mit Dosisreduktion zwischen 20% und 10% fanden sich keine Artefakte, die potentiell die Detektion pulmonaler Rundherde einschränkten. Lediglich bei der Niedrigdosis-CT mit einer Dosisreduktion auf 5% fanden sich Artefakte, die von den knöchernen Strukturen des Schultergürtels und der Wirbelsäule ausgingen. In keinem Fall wurden Artefakte diagnostiziert, die potentielle Rundherde  $> 10$  mm maskierten.

### **Effektive Dosis**

Es ergaben sich für die verschiedenen CT-Protokolle dieser Studie effektive Dosen (Männer/Frauen) zwischen 8,0/13,5 mSv (250 mA, 120 kV, Schichtdicke 10 mm, Pitch 1) bis 0,3/0,55 mSv (25 mA, 120 kV, Schichtdicke 5 mm, Pitch 2) im Vergleich zu 0,23/0,25 mSv für Thoraxübersichtsaufnahmen p.a. und seitlich unter Verwendung von 125 kV, einer Film-Fokus-Distanz von 200 cm und einem 250er Film-Folien-System (Thoramat, Siemens, Erlangen).

### **Schlussfolgerung**

Die Detektion pulmonaler Rundherde  $> 5$  mm wurde durch eine Dosisreduktion auf etwa 5% der ursprünglich vom Hersteller für die Thorax-CT angegebene Dosis nicht signifikant verschlechtert. Selbst kleinere Rundherde wurden bei Dosisstufen entsprechend 10% noch sicher diagnostiziert. Somit erscheinen entsprechende Niedrigdosis-CT-Protokolle des Thorax für viele Fragestellungen in der klinischen Praxis völlig ausreichend und können die höhere Strahlenexposition etablierter Untersuchungsprotokolle ersetzen.