

# CT-gesteuerte diagnostische Punktionen

*A.H. Mahnken, A. Wallnöfer, T. Helmberger*

- 40.1 Einleitung – 382
- 40.2 Punktionsmaterial – 382
- 40.3 Patientenvorbereitung – 383
- 40.4 Technik – 383
- 40.5 Organbezogene Punktionsverfahren – 384
- 40.6 Aufnahmeparameter – 387
- 40.7 Ergebnisse – 387
- 40.8 Tipps und Tricks – 387
- Literatur – 388

## 40.1 Einleitung

Seit das Konzept CT-gesteuerter diagnostischer Punktionen 1975 erstmals beschrieben wurde [1], hat sich diese Technik deutlich weiterentwickelt und ist fest als diagnostisches Verfahren etabliert. Dazu haben insbesondere die seither deutlich verbesserte Ortsauflösung, die erheblich beschleunigte Bildberechnung und im Bedarfsfall der Kontrastmitteleinsatz und der damit verbesserte Gewebekontrast beigetragen. Die Entwicklung dezidierter Interventionsmaterialien für die CT und aktuell die Etablierung von CT-Scannern mit erweiterter Gantryöffnung unterstützen diesen Prozess. Mittlerweile kann die CT-gesteuerte Biopsie in nahezu allen anatomischen Lokalisationen hochpräzise und komplikationsarm für die Probengewinnung oder Medikamentenapplikation eingesetzt werden. Obgleich mit MRT und insbesondere Ultraschall ernstzunehmende Konkurrenzverfahren zur Verfügung stehen, kann die CT als einzige Technik in allen Körperregionen, einschließlich Knochen und Lunge eingesetzt werden. Damit konnten chirurgische Probenentnahmen nahezu vollständig abgelöst werden. In den seltenen Fällen, in denen letztere dennoch erforderlich sind, kann durch eine CT-gesteuerte Drahtmarkierung der Zugangsweg markiert und das Operationstrauma damit minimiert werden.

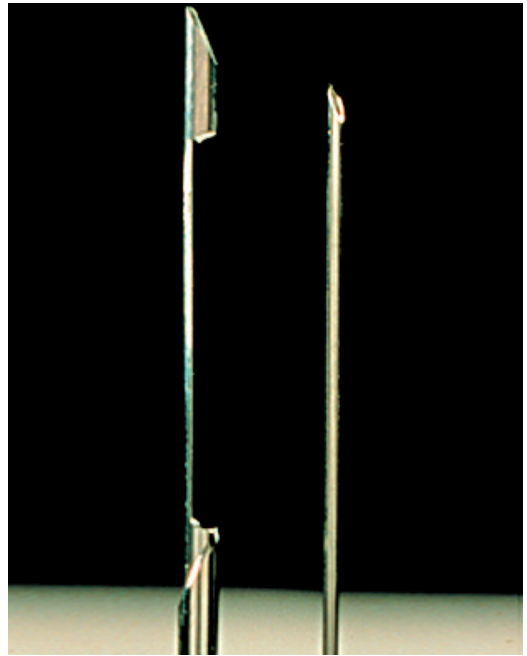
## 40.2 Punktionsmaterial

In Abhängigkeit von der Art des zu untersuchenden Gewebes, der angestrebten Probenart und Lokalisation stehen verschiedene Nadeltypen zur Verfügung:

- Feinnadeln (19-23 G)
- Schneidbiopsie-Nadeln (12-18 G)
- Hohlbohrer (10-14 G)

Grundsätzlich gilt, dass sich mit zunehmendem Naddeldurchmesser mehr Gewebe entnehmen und entsprechend pathologisch, mikrobiologisch oder laborchemisch aufarbeiten lässt.

Feinnadeln sind gut zur Gewinnung von Material für mikrobiologische oder laborchemische Untersuchungen (z.B. Flüssigkeitsdifferenzierung)



■ **Abb. 40.1.** Scharfe Biopsienadel mit Tru-Cut-Prinzip; Demonstration der Auskehlung für das Biopsiematerial.

geeignet. Im Bereich solider Gewebe erlauben sie lediglich die Gewinnung von Zellaspiraten für die zytologische Untersuchung. Diese Limitation lässt sich auch durch automatische Aspirationshilfen nicht überwinden. Ein weiterer Nachteil kann die Flexibilität dieser kleinen Kanülen darstellen, die sich insbesondere bei längeren Wegstrecken verbiegen. Letzteres kann vom geübten Anwender jedoch auch dazu genutzt werden, kritischen Strukturen auszuweichen. Aufgrund der durch den kleinen Durchmesser bedingten geringen Komplikationsrate werden sie in vielen Institutionen im Bereich der Lunge bevorzugt eingesetzt. Neben Biopsien eignen sich Feinnadeln auch zur minimal-invasiven Einbringung von Pharmaka, z.B. zur Neurolyse oder Sklerosierung. Feinnadeln stehen mit zahlreichen verschiedenen Spitzenkonfigurationen zur Verfügung (z.B. Chiba, Westcott, Madayag, etc.).

Für Fragestellungen, die mit einer Aspirationsbiopsie nicht ausreichend zu beantworten sind, stehen Schneidbiopsienadeln zur Verfügung. Sie liefern vergleichsweise große Proben mit intakten Gewebeverbänden. Damit sind regelmäßig auch

immunhistochemische Untersuchungen möglich. Der Einsatz halb- oder vollautomatischer Schneidbiopsienadeln kann die Qualität des entnommenen Materials verbessern. Um genügend und v.a. repräsentatives Gewebe zu gewinnen, ist die Entnahme mehrerer Proben ( $n \geq 3$ ) sowohl aus dem Zentrum, aber insbesondere auch aus dem Rand einer Läsion dringend anzuraten. Dies kann gut mittels einer fächerförmigen Nadelrepositionierung erreicht werden (■ Abb. 40.1).

Zur Biopsie von Knochenveränderungen sind nur im Fall einer destruierten Cortikalis Schneidbiopsienadeln geeignet. In der Regel werden stabile, entsprechend angeschliffene Hohladeln benötigt, die durch die Cortikalis des Knochens gebohrt oder gehämmert werden können. Dies erfordert u.a. aus Gründen der Stabilität einen größeren Durchmesser.

#### 40.3 Patientenvorbereitung

Im Vorfeld einer CT-gesteuerten Punktion ist der Gerinnungsstatus zu prüfen (Quick > 50%, pTT < 50s, INR ≤ 1,5, Thrombozyten  $\geq 70.000/\mu\text{l}$ ). Ganz allgemein sollte eine Antikoagulationstherapie rechtzeitig vor dem Eingriff gestoppt werden. Erhält der Patient eine Cumarintherapie, so ist diese auf Heparin i.v. umzustellen und letzteres 2h vor der Intervention auszusetzen. Nimmt der Patient Acetylsalicylsäure ein, so sollte dies etwa 5 Tage vor elektiven Interventionen ausgesetzt werden, um eine normale Thrombozytenfunktion zu gewährleisten. Prä-interventionell sollte außerdem ein intravenöser Zugang angelegt werden, um im Fall eines Zwischenfalles ohne Zeitverzögerung agieren bzw. – sofern nötig – Kontrastmittel applizieren zu können. Die Lagerung des Patienten erfolgt in Abhängigkeit von der Zielläsion. Sie ist unbedingt bequem und stabil zu wählen, damit sie während der gesamten Intervention beibehalten werden kann. Hierzu sind ggf. Lagerungshilfen bereit zu halten. Die Punktion erfolgt nach ausreichender Lokalanästhesie, wobei nicht nur auf eine lokale Betäubung der Haut, sondern ggf. auch Pleura-, Organkapsel- oder Periostanästhesie sowie eine ausreichende Einwirkzeit zu achten ist. Eine ergänzende anxiolytische Therapie z.B. mit

niedrig dosierten Benzodiazepinderivaten kann in Einzelfällen nötig sein.

#### 40.4 Technik

Vor einer CT-gesteuerten Punktion sollte möglichst eine aktuelle CT-Untersuchung der Zielregion mit klarer Darstellung der Läsion und angrenzender Strukturen vorliegen. Anhand dieser wird die Indikation geprüft und die Patientenlagerung und Punktionstechnik festgelegt. Anhand eines unmittelbar vor der Punktion angefertigten CT-Planungsbildes werden das Ziel und die Hauteinstichstelle für die Biopsienadel definiert. Es ist hilfreich, die Einstichstelle auf der Haut mit einem wasserfesten Stift zu markieren, das eingebaute Laserlicht der Gantry sowie auf der Haut befestigte röntgendichte Marker dienen dabei als Referenzpunkt. Der Zugangsweg von der Haut bis zum Zielorgan sollte möglichst in einer Bildebene liegen. Die Punktion über doppelt angulierte Zugänge ist schwieriger. Bei der Planung des Zuganges ist eine Passage von Gefäßen und des Dickdarmes zu vermeiden. Mit einer Feinnadel können – falls unvermeidbar – Darm als auch Gefäße mit nur mäßig erhöhtem Komplikationsrisiko passiert werden. Nach entsprechender Vorbereitung (Hautdesinfektion, Lokalanästhesie, lokale Inzision) wird die Biopsienadel vorgebracht. Der Weg der Nadel muss entweder durch sequentielle Einzelschichtaufnahmen oder durch CT-Fluoroskopie überwacht und dokumentiert werden. Die Aufmerksamkeit gilt dabei der Nadelspitze. Eine Kollimation im Bereich von 3-5 mm ist für beide Darstellungsarten normalerweise ausreichend. Aufgrund von Partialvolumeneffekten ist eine dickere Kollimation nicht zu empfehlen, da die exakte Position der Nadelspitze mit einer 10 mm dicken Schicht nicht mehr exakt zu ermitteln ist. Die MSCT Technik mit breiten Detektoren ist hilfreich, da auch bei Abweichungen aus der Schicht die Nadelspitze in den gleichzeitig akquirierten Nachbarschichten mit abgebildet ist.

Im Gegensatz zur Kontrolle mit sequentiellen Einzelschichten ermöglicht die CT-Fluoroskopie die kontinuierliche Darstellung der Nadelspitze während des Punktionsvorganges. Dies vereinfacht auch doppelt schräg angulierte Zugangsrouten und die

Kompensation atmungsabhängiger Bewegungen. Eine weitere Vereinfachung und Beschleunigung des Vorganges kann durch eine Joystick-Kontrolle der CT-Liegen-Bewegung erreicht werden. Um die Strahlenexposition zu minimieren, sollten für die CT-Fluoroskopie möglichst dosisreduzierte Aufnahmeparameter eingestellt werden und der Einsatz auf kritische Phasen einer Punktion bzw. schwer erreichbare Läsionen eingeschränkt werden. Hier kann die Verwendung eines Nadelhalters hilfreich sein, um eine direkte Strahlenexposition der Hand des Untersuchers zu vermeiden [2]. Technische Entwicklungen wie eine Röhrenmodulation, die in einem bestimmten Winkelbereich der Rotation den Röntgenstrahl abschaltet, helfen, die Strahlenexposition besonders für den Untersucher zu verringern.

Postinterventionell, nach Nadelentfernung ist eine Einzelschicht der Untersuchungsregion anzufertigen, um ggf. bestehende Komplikationen wie z.B. einen Pneumothorax zu erfassen.

## 40.5 Organbezogene Punktionsverfahren

### 40.5.1 Lunge

Die Indikation für eine Lungenbiopsie ist gegeben, sobald eine auffällige Läsion histologisch oder mikrobiologisch untersucht werden muss und diese nicht mittels einer weniger invasiven Methode eindeutig abgeklärt werden kann (■ Abb. 40.2).

Die Lokalanästhesie muss die parietale Pleura mit einbeziehen, ohne dabei jedoch die Pleura zu passieren. Die Biopsienadel ist zügig durch die Pleura zu führen und wiederholte Pleurapassagen sind zu vermeiden. So wird das Risiko einer Pleuraverletzung mit nachfolgendem Pneumothorax minimiert. Idealerweise gelingt es, die Zielläsion mit der Spitze der Biopsienadel zu fixieren, so dass keine Nadelrepositionierung erforderlich wird. Dies ist insbesondere bei subpleuralen Läsionen hilfreich.

Im Anschluss empfiehlt sich 2 h und je nach klinischem Status bis zu 24 h nach dem Eingriff, eine konventionelle Expirationsaufnahme des Thorax anzufertigen.

Nach einer transthorakalen Biopsie sollte es in Abhängigkeit von der verwendeten Technik in nicht

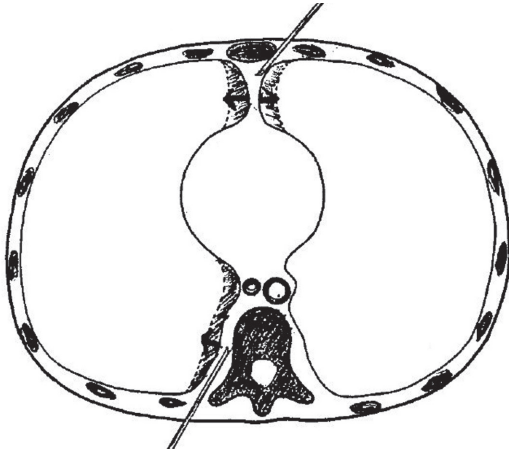


■ **Abb. 40.2.** Positionierung einer scharfen 18G- Biopsienadel in einem verdächtigen Lungenrundherd von dorsal paravertebral. Histologie: Hochdifferenziertes Adenokarzinom.

mehr als 10% der Fälle zum Auftreten eines Pneumothorax kommen [3], obgleich zahlreiche Studien in Abhängigkeit von der Lokalisation auch über eine höhere Zahl an Pneumothoraces berichten. In Abhängigkeit vom klinischen Zustand kann dies eine erneute Punktion zur Absaugung der Luft oder die Einlage einer niedrigkalibrigen Thoraxdrainage mit einem Heimlich Ventil erforderlich machen. Eine Absaugung der Luft sollte frühestens 4 h nach der diagnostischen Punktion erfolgen, damit sich die Pleuraöffnung verschließen kann. Obgleich CT-gesteuerte Thoraxpunktionen sicher sind, wird eine Mortalitätsrate von etwa 0,02% berichtet [4].

### 40.5.2 Mediastinum

Zum Mediastinum existieren grundsätzlich zwei Zugangswege von ventral bzw. von paravertebral dorsal. Bei der Planung des Zugangsweges ist zu berücksichtigen, dass man sowohl den vorderen Para- und Retrosternalraum als auch die paravertebralen Räume durch die Injektion von Kochsalzlösung wesentlich erweitern kann (■ Abb. 40.3.). Da sich die Flüssigkeit u.U. ungleichmäßig verteilt, d.h. nach kranial oder kaudal ausläuft, ist bei manchen Patienten die Injektion eines größeren Flüssigkeitsvolumens, das bis zu 500 ml betragen kann, notwendig. Damit kann in fast allen Fällen



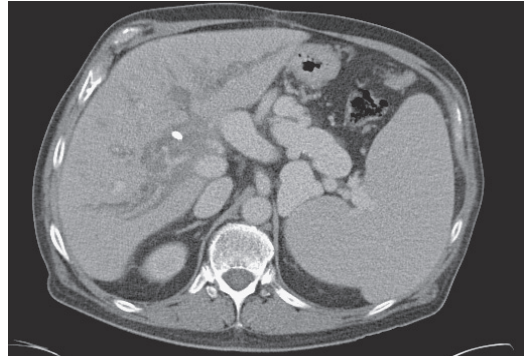
■ **Abb. 40.3.** Zum Mediastinum stehen verschiedene Zugangswege von anterior oder posterior zur Verfügung. Durch Injektion von physiologischer Kochsalzlösung können diese aufgeweitet werden und somit ein vollständig extrapleuraler Zugang geschaffen werden.

ein extrapleuraler Zugang eröffnet und so die Entstehung eines Pneumothorax vermieden werden. Aufgrund der mediastinalen Gefäßstrukturen lassen sich jedoch nicht alle Bereiche des Mediastinums gefahrlos perkutan biopsieren, so dass auf Basis der Planungsbilder auch chirurgische Techniken wie die Mediastinoskopie bei der Indikationsstellung berücksichtigt werden müssen.

### 40.5.3 Leber

Wenn bildgebende Verfahren nicht hinreichend aussagekräftig für die Differenzierung einer Leberläsion sind, jedoch für die weitere Behandlung eine entsprechende Charakterisierung notwendig ist, besteht die Indikation zur Leberbiopsie. Der CT bleibt dabei die Biopsie umschriebener Leberläsionen vorbehalten, insbesondere wenn diese in der Sonographie nur unzureichend darstellbar sind.

Bei der Punktionsplanung sollte eine Passage der Pleura im Recessus costo-diaphragmalis vermieden werden. Ein extrapleuraler Zugang auch unmittelbar subdiaphragmal gelegener Läsionen ist über einen doppelt angulierten Zugang nahezu immer möglich. Die Pleurapassage sollte allenfalls Einzelfallentscheidungen vorbehalten bleiben. Es



■ **Abb. 40.4.** Präsentation einer zentralen raumfordernden Läsion im Leberhilus nach Lebertransplantation. Punktion dieser Läsion unter CT-Fluoroskopie mit einer 16G-Biopsienadel. Histologie: Post-Transplantations-Lymphoproliferation (PTLD).

sollte versucht werden, die Leberkapsel nur einmalig möglichst zügig zu passieren. Auch bei Repositionierungen der Nadel sollte eine erneute Kapselpassage vermieden werden. Bei subkapsulären Läsionen sollte ein transparenchymatöser Zugang gewählt werden, um ein Stanzloch, das sich nur schlecht spontan verschließt, zu vermeiden. Mit diesen Maßnahmen lässt sich das Blutungsrisiko erheblich reduzieren. Um die Belastung für den Patienten zu minimieren, sollte insbesondere das Lig. falciforme gemieden werden, da dies aufgrund der Innervation schmerzhaft ist. Wenn eine Passage dennoch erforderlich ist, kann eine ergänzende Lokalanästhesie hilfreich sein.

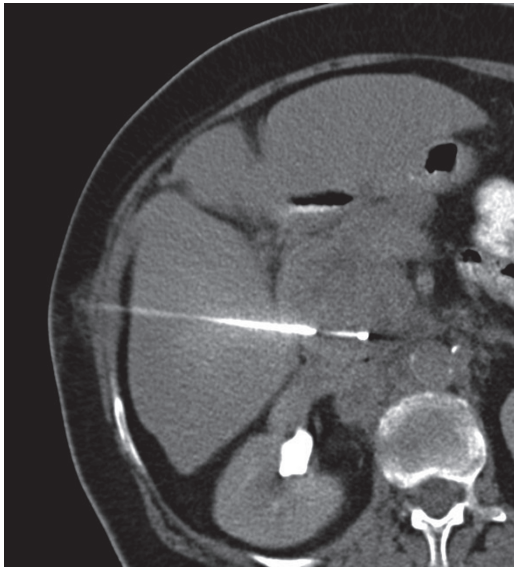
Sensitivität, Spezifität und allgemeine Treffsicherheit der CT-gesteuerten Leberbiopsie sind mit jeweils deutlich über 90% in verschiedenen Untersuchungen reproduzierbar sehr hoch. (■ Abb. 40.4).



#### 40.5.4 Pankreas

Eine Pankreasbiopsie ist indiziert zur Differenzierung zwischen einem potentiellen Tumor und einer Entzündung mit dem Ziel, eine chirurgische Exploration zu vermeiden. Dies trifft vor allem in einer palliativen Situation zu.

Wegen der retroperitonealen Lage der Bauchspeicheldrüse ist die Pankreasbiopsie technisch anspruchsvoll. Es stehen verschiedene Zugangswege zur Verfügung: 1. transperitoneal mit oder ohne Durchquerung von Magen, Duodenum oder Leber (■ Abb. 40.5), 2. transretroperitoneal, paracaval. Normalerweise werden Nadeln mit 16–18 G verwendet. Für den transgastrischen oder transduodenalen Zugang empfiehlt sich jedoch eine Feinnadel mit 20–22 G. Bei diesen Zugangswegen ist es ratsam, den Patienten zur Vermeidung von Sekundärinfektionen etwa 6 Stunden vor dem Eingriff nüchtern zu lassen. Der Pankreaskopf und -schwanz sind manchmal über einen retroperitonealen Zugang besser zu erreichen. Die Instillation von Kochsalzlösung oder Luft kann hier helfen, den Zugangsweg zu erweitern.



■ **Abb. 40.5.** 47-jährige Patientin mit einer unklaren Raumforderung des Pankreaskopfes. Diese konnte mit einer 18-G True-Cut Nadel komplikationslos biopsiert und die Verdachtsdiagnose eines Pankreaskarzinoms bestätigt werden.

#### 40.5.5 Retroperitoneum

Typische Indikationen für eine retroperitoneale Biopsie sind retroperitoneale Raumforderungen, vergrößerte Lymphknoten mit dem Verdacht auf eine retroperitoneale Metastasierung oder ein Lymphom. Bei der Planung des Zugangsweges sind die paraspinalen Blutgefäße und die Ureteren zu berücksichtigen, um iatrogene Verletzungen zu vermeiden. Zur besseren Abgrenzung der Ureteren können etwa 5 Minuten vor Anfertigung der Planungs-CT ~30 ml iodhaltigen Kontrastmittels i.v. appliziert werden. Damit lässt sich regelhaft eine gute Abgrenzbarkeit der Ureteren erreichen. Bei V.a. ein Lymphom sollten ausschließlich Schneidbiopsien erfolgen. Hierbei ist es wichtig, ausreichend Gewebe für eine immunhistochemische Differenzierung zu gewinnen.

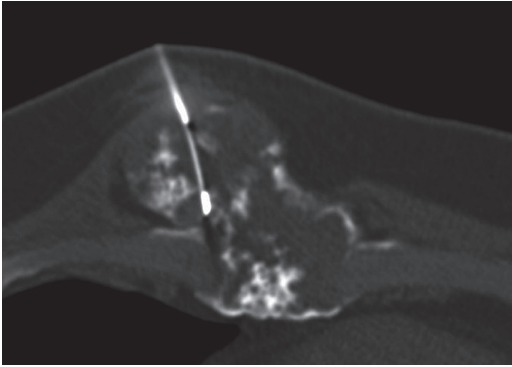
#### 40.5.6 Nieren und Nebennieren

Eine Indikation zur Biopsie der Nieren oder Nebennieren ist vergleichsweise selten. Ein typisches Beispiel ist der Verdacht auf ein Lymphom oder Metastasen. Im Allgemeinen ist die linke Nebenniere einfacher zu erreichen als die rechte. Für eine Biopsie der rechten Nebenniere steht auch ein transhepatischer Zugang zur Verfügung. Dieser wird jedoch nur sehr selten benötigt.

Als Besonderheit muss bei V.a. ein Phäochromozytom an die Möglichkeit einer hypertensiven Krise gedacht und eine entsprechende Behandlung vorbereitet werden.

#### 40.5.7 Knochen

Typische Indikationen für eine Knochenbiopsie sind malignomsuspekte Läsionen oder Entzündungsverdacht. Sofern die Corticalis Teil der Probe sein soll oder wenn zur Erreichung der Ziel-Läsion kortikaler Knochen durchquert werden muss, wird normalerweise ein entsprechend robuster Hohlbohrer verwendet (■ Abb. 40.6). Bei osteolytischen Läsionen kann eine True-Cut-Nadel ausreichen



■ **Abb. 40.6.** Die CT zeigte einen destruierenden Tumor des Sternums. Zur Sicherung der Histologie erfolgte bei destrukturierter Kortikalis eine True-Cut Biopsie, wobei verknöcherte Anteile des Tumors vermieden wurden. Histologie: Chondrosarkom.

(■ Abb. 40.6). Da das Periost sehr schmerzempfindlich ist, braucht man eine gute Lokalanästhesie. Bei gelenknahen Läsionen ist auf einen extraartikulären Zugangsweg zu achten. Bei den großen Gelenken ist zu beachten, dass die Recessus der Gelenkkapsel sehr ausgedehnt sein können. Im Gegensatz zu parenchymatösen Organläsionen ist im Bereich des Knochens absolut steriles Arbeiten essentiell, um sekundäre Infektionen zu vermeiden (■ Abb. 40.7).

## 40.6 Aufnahmeparameter

s. ■ Tab. 40.1.

## 40.7 Ergebnisse

Die Resultate CT-gesteuerter Biopsien sind in der Regel ausgezeichnet mit einer Sensitivität und Spezifität, die z.B. für die Leber regelhaft über 90% liegt [5]. International akzeptierte Qualitätsrichtlinien fordern generell für Lungenbiopsien eine Erfolgsquote von 80% und für die übrigen Körperregionen von 85% [3].

Aufgrund der hervorragenden Kontrolle der Nadellage und des Zugangsweges liegt die allgemeine Komplikationsrate von CT-gesteuerten



■ **Abb. 40.7.** Bei dieser 53-jährigen Patientin wurde eine Osteomyelitis mit Brodie-Abszess vermutet. Es wurde eine Biopsie mit einem 11 G Hohlbohrer vorgenommen, welche diesen Befund bestätigte.

Punktionen im Vergleich zu anderen invasiven Verfahren sehr niedrig. Komplikationen betreffen v.a. Blutungen, die je nach Nadelgröße in 0,1 bis 3% bei Feinnadelbiopsien (19-23G) und in 5,0 bis 10% bei Biopsienadeln  $\geq 18G$  beobachtet werden. Infektionen können in etwa 1% der Fälle auftreten. Als Besonderheiten der Lungenbiopsien werden neben dem o.g. Pneumothorax gelegentlich therapiepflichtige Hämoptysen ( $\sim 0,5\%$ ) und v.a. Pneumothoraces ( $\sim 10\%$ ) beobachtet.

Eine Tumoraussaat entlang des Stichkanals ist bei Tumorbiopsien selten und schwankt je nach Untersuchung zwischen 0,003% und 3,4% [6]. Aufgrund des geschlossenen Nadeldesigns verringert die Verwendung von True-Cut Nadeln dieses Risiko.

## 40.8 Tipps und Tricks

- Markierung des Abstandes bis zum tiefsten sicheren Punkt sowie zur Zielläsion auf der Nadel.

**Tab. 40.1.** Diese exemplarisch zu verstehenden Aufnahmeparameter beziehen sich auf sequentielle Aufnahmen. Bei adipösen Patienten oder für die CT-Fluoroskopie sind diese Untersuchungsparameter ggf. anzupassen.

Parameter	4-8-Schicht-Geräte	10-16-Schicht-Geräte	32-64-Schicht-Geräte
<b>Aufnahmeparameter</b>			
Röhrenspannung (kV)	120	120	120
Rotationszeit (s)	0,5	0,5	0,5
Röhrenstromzeitprodukt (mAs)	50	50	50
Kollimation (mm)	2,5	1,5	0,6
Normalisierter Pitch	n.a.	n.a.	n.a.
Rekonstruierte Schichtdicke	2,5	3	3
Kernel	Standard/weich	Standard/weich	Standard/weich
Besonderheiten	Gleiche Tischposition verwenden	Gleiche Tischposition verwenden	Gleiche Tischposition verwenden
	Echtzeit-Darstellung mit Fluoroskopie	Echtzeit-Darstellung mit Fluoroskopie	Echtzeit-Darstellung mit Fluoroskopie
	Kombination von Schichten könnte hilfreich sein	Kombination von Schichten könnte hilfreich sein	Kombination von Schichten könnte hilfreich sein
Kontrastmittelgabe	optional	optional	optional

- Ist ein direkter Zugang nicht zu finden, dann können eine Modifikation der Atmung oder eine Umlagerung des Patienten helfen.
- Zur Biopsie stark bewegter Organe, insbesondere der kaudalen und der herznahen Lungenabschnitte empfiehlt sich die CT-Fluoroskopie.
- Der Tisch sollte auf dem tiefsten Punkt eingestellt werden, um einen möglichst großen Freiraum bei der Punktion zu erhalten.
- Wahl eines transparenchymalen Zugangsweges, um bei subkapsulären Läsionen das Blutungsrisiko zu minimieren.
- Bei Lungenbiopsien sollte eine wiederholte Pleurapassage vermieden werden, um das Pneumothoraxrisiko zu minimieren.
- Da die Nadel ein Hochkontrastobjekt ist, kann für die Kontrollaufnahmen ein niedriges Stromstärke-Zeit-Produkt verwendet werden.

## Literatur

- [1] Alfidi RJ, Haaga J, Meaney TF. Computed tomography of the thorax and abdomen: a preliminary report. *Radiology* 1975;117:257-264.
- [2] Silverman SG, Tuncali K, Adams DF, Nawfel RD, Zou KH, Judy PF. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure. *Radiology* 1999;212:673-681.
- [3] Cardella JF, Bakal CW, Bertino RE, et al. for the Society of Interventional Radiology Standards of Practice Committee. Quality improvement guidelines for image-guided percutaneous biopsy in adults. *J Vasc Interv Radiol* 2003;14:S227-S230.
- [4] Klein JS. Interventional techniques in the thorax. *Clin Chest Med* 1999;20:805-826.
- [5] Luning M, Schmeisser B, Wolff H, Schopke W, Hoppe E, Meyer R. Analysis of the results of 96 CT-guided fine needle biopsies of liver masses. *Rofo* 1984;141:267-275.
- [6] Piccinino F, Sagnelli E, Pasquale G, Giusti G (1986) Complications following percutaneous liver biopsy. A multicentre retrospective study on 68,276 biopsies. *J Hepatol* 1986;2:165-173.



Mehrschicht-CT

Ein Leitfaden

Homola, G.; Küttner, A.; Flohr, Th. (Hrsg.)

2008, XX, 388 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-35996-8