

Aus der Abteilung Diagnostische Radiologie
(Prof. Dr. med. E. Grabbe)
im Zentrum Radiologie
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Stellenwert CT-gesteuerter Biopsien

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Steffen Beckmann
aus Hameln

Göttingen 2006

Dekan : Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichterstatter : Prof. Dr. med. M.Funke

II. Berichterstatter/in :

III. Berichterstatter/in :

Tag der mündlichen Prüfung :

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Fragestellung	5
2 Material und Methodik	
2.1 Patienten.....	6
2.2 CT-Gerät.....	8
2.3 Punktionsmaterialien.....	8
2.4 CT-Untersuchungsablauf.....	10
2.5 Punktionstechnik.....	11
2.6 Histologische Aufarbeitung.....	11
2.7 Datenanalyse.....	12
3 Ergebnisse	
3.1 Verteilung der Punktionen.....	13
3.2 Histologische Ergebnisse.....	15
3.3 Fehlerquote.....	19
3.4 Komplikationen.....	20
3.5 Bildbeispiele.....	22
4 Diskussion	
4.1 Allgemeine Indikationen zur CT-gesteuerten Punktion.....	26
4.2 Indikation zur CT-gesteuerten Punktion thorakaler Läsionen.....	26
4.3 Indikation zur CT-gesteuerten Punktion abdomineller Organe und Prozesse sowie des nichtorgangebundenen Retroperitoneums und des Skeletts.....	27
4.4 Wahl des Nadeltyps.....	28
4.5 Organgebundene Kriterien zur Verwendung unterschiedlicher Biopsiebestecke..	29
4.6 Kontraindikationen zur Durchführung einer CT-gesteuerten Punktion.....	32
4.6.1. Relative Kontraindikationen.....	32
4.6.2. Absolute Kontraindikationen.....	33

4.7	Trefferquote.....	33
4.8	Diagnostische Genauigkeit oder Treffsicherheit.....	35
4.9	Komplikationen.....	38
5	Stellenwert der CT-gesteuerten Punktion.....	43
6	Zusammenfassung.....	48
7	Literaturverzeichnis.....	49

1 Einleitung und Fragestellung

Die histomorphologische oder zytomorphologische Untersuchung von Gewebeprobe n ist heute ein unentbehrliches Verfahren für die klinische Diagnostik einer Vielzahl von gut- und bösartigen Krankheitsbildern geworden. Aufgrund ausgereifter Entnahme- und Untersuchungsmethoden ist die feingewebliche Untersuchung heute auf alle Organe einschließlich des Gehirns anwendbar. Von besonderer Bedeutung sind die hämatologische Diagnostik aus Knochenmark, Milz und Lymphknoten sowie die Tumordiagnostik aus Mamma, Lunge, Leber, Schilddrüse und Prostata. Schon lange werden der Liquor cerebrospinalis und alle pathologischen Ergüsse aus Pleura oder Peritoneum punktiert und zytodiagnostisch untersucht. Eine wichtige Ergänzung dazu ist die Punktionszytologie, die für das Grading maligner Tumore, die Krebsvorsorge und die Krebsfrüherkennung eingesetzt wird. So gibt es heute praktisch keine spezifische Therapie ohne vorhergehende histologische oder zytologische Sicherung der Diagnose.

Die ersten Versuche, eine alternative Technik zum chirurgischen Eingriff bei der Entnahme von Gewebeprobe n für diagnostische Zwecke zu entwickeln, wurden bereits vor nahezu 150 Jahren unternommen. Schon 1851 punktierte Lebert in Paris Tumoren (Bauer 2004). Wenig später gelang Paget 1853 in London die Aspiration von Zellen aus Mammatumoren (Turk 1995). Als Begründer der Aspirationstechnik gelten die Amerikaner Martin und Ellis, die 1925 die Aspirationsbiopsie als präoperative Diagnostik einsetzten und 1930 mit der Veröffentlichung der Arbeit „Biopsy by needle puncture and aspiration“ von mehr als 1400 Fällen berichteten, in denen präoperativ eine zytologische Diagnostik durchgeführt (Baker 1986) wurde.

Die rasante Entwicklung der bildgebenden Verfahren, insbesondere der Sonographie sowie der Computertomographie in den 1970er Jahren, erlaubte eine verbesserte Lokalisation pathologischer Befunde, da sich eine exakte und überlagerungsfreie Darstellung von weichteiligen Strukturen erzielen ließ. Während des gleichen Zeitraums wurden in der Genauigkeit der Interpretation von Gewebefragmenten große Fortschritte gemacht. Bei der Frage nach der histologischen Eindeutigkeit oder Dignität eines unklaren Befundes stellt die unter computertomographischer oder sonografischer Kontrolle durchgeführte Punktion eine

geeignete Technik zur Klärung solcher Befunde dar. Die durch bildgebende Verfahren gesteuerte perkutane Stanzbiopsie oder Feinnadelpunktion hat sich daher heute zu einem wichtigen Instrumentarium in der Diagnostik und Therapiekontrolle entwickelt.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Stellenwert computertomographisch gesteuerter Stanzbiopsien im Thorax- und Abdominalraum. Der Fokus liegt dabei auf der jeweiligen Indikation, der Trefferquote sowie der diagnostischen Aussagekraft dieses Verfahrens.

2 Material und Methodik

2.1 Patienten

In einer retrospektiven Untersuchung wurden die Daten von 337 Patienten analysiert, bei denen im Zeitraum von Januar 1996 bis Mai 1999 in der Abt. Diagnostische Radiologie des Universitätsklinikums Göttingen eine CT-gesteuerte perkutane Nadelbiopsie durchgeführt wurde. Das Alter dieses Kollektivs reichte von 8 bis 89 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 56 (± 14 Jahre). Die Verteilung ist in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt. 159 Patienten waren Frauen, 178 Patienten waren Männer. Insgesamt erfolgten 356 Prozeduren, so dass 19 Patienten mehr als einmal punktiert wurden. Innerhalb dieser Gruppe wurden 7 Punktionen an derselben Läsion durchgeführt und 11 Punktionen in 2 unterschiedlichen Läsionen. 1 Patient wurde dreimal an 3 verschiedenen Läsionen punktiert.

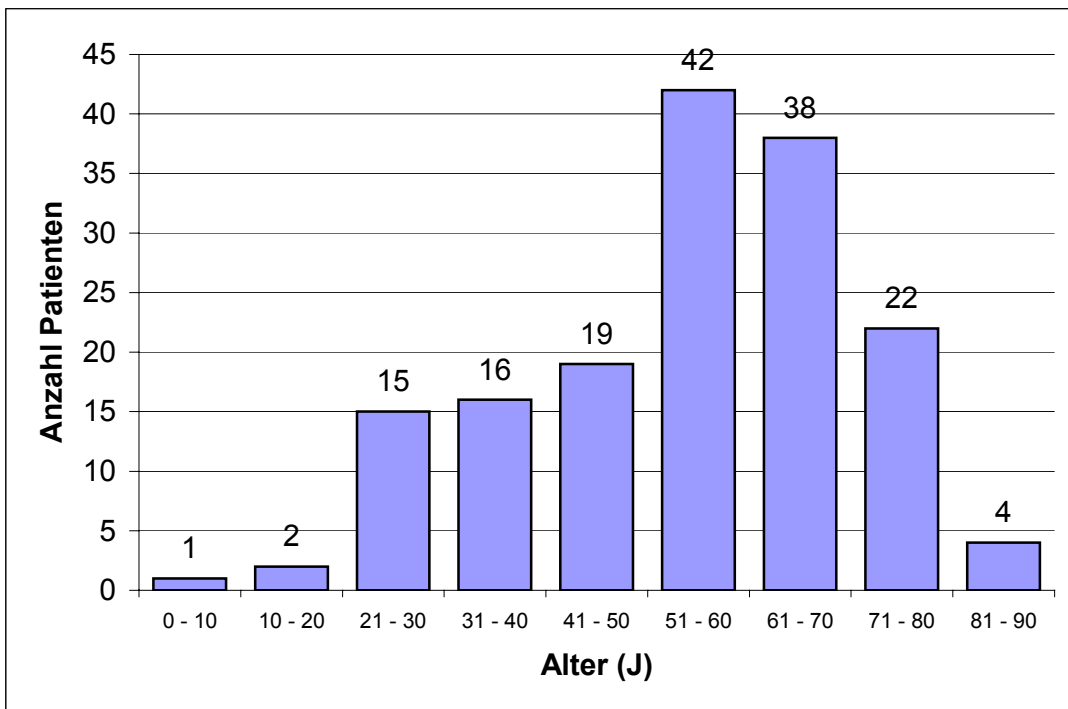


Abb.1: Altersverteilung der CT-gesteuerten Punktionen bei 159 Frauen

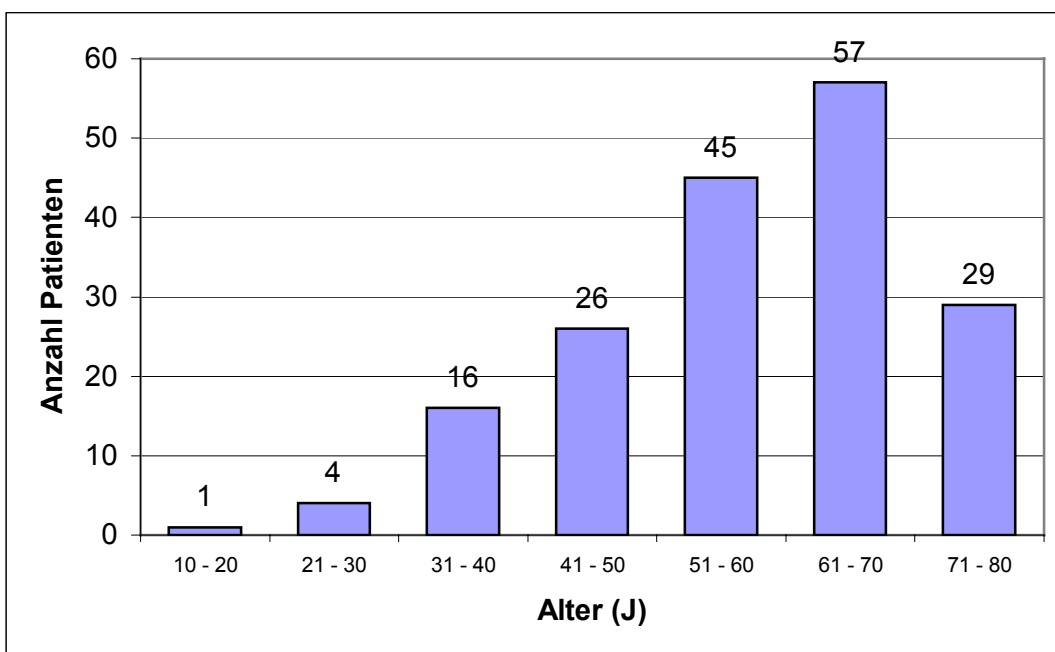


Abb.2: Altersverteilung der CT-gesteuerten Punktionen bei 178 Männern

2.2 CT-Gerät

Alle CT-gesteuerten Punktionen und Interventionen wurden an einem Computertomographen vom Typ Pace Plus (Fa. GE Medical Systems, Milwaukee, Wi., USA) vorgenommen. Es handelt sich dabei um einen sequentiell arbeitenden Einzeilen-Computertomographen der 3. Generation. Die Rotationszeit des Systems betrug 1-2 s. Die Gantry ließ sich in einem Bereich von $\pm 20^\circ$ angulieren und somit an die beabsichtigte Punktionsrichtung anpassen. Die Aufnahmespannung betrug 120 kV. Der Röhrenstrom konnte in Abhängigkeit von der Untersuchungsregion zwischen 160 und 240 mA variiert werden. Die Schichtdicke konnte 3, 5 oder 10 mm betragen.

2.3 Punktionsmaterialien

Heute stehen eine große Zahl unterschiedlicher Nadeln und Kanülen für perkutane Biopsien zur Verfügung. Dabei werden generell 3 Gruppen unterschieden, die bezüglich der Größe, der Nadelspitze und der Biopsiemethodik variieren. Es sind dies kleinlumige Aspirationsnadeln vom Typ Chiba, die kleinlumigen Stanznadeln vom Typ Turner, Franseen, Madayag, Westscott oder Greene sowie großlumige Stanznadeln vom Typ TruCut und Silverman/Franklin (Abb. 3).

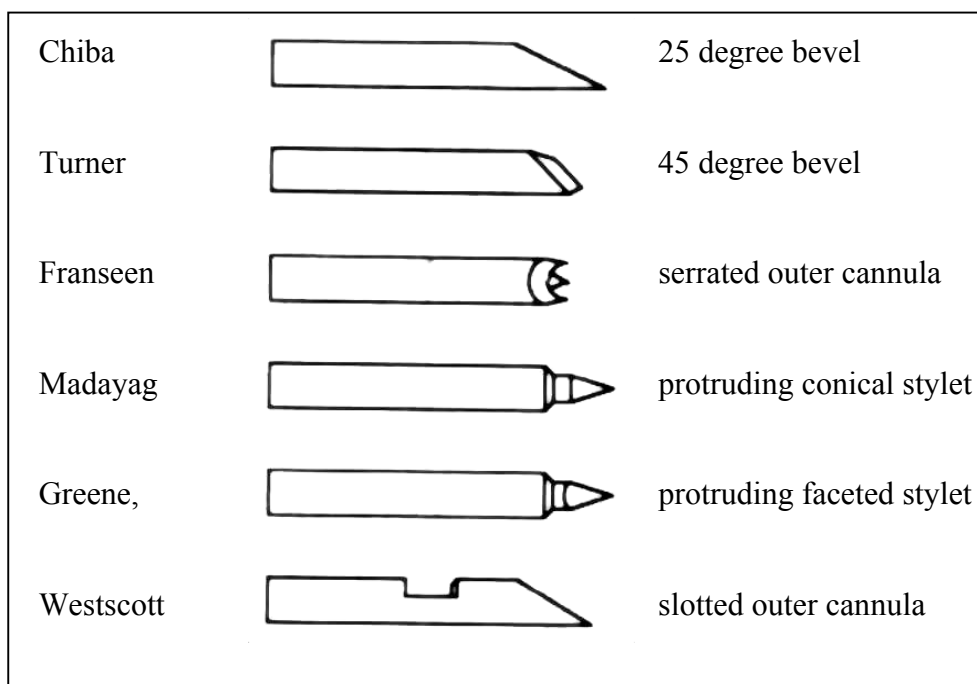


Abb. 3: Beispiele kleinkalibriger Biopsienadeln (aus : Günther 1992, S. 608)

In dieser Untersuchung wurden zur Punktion 2 verschiedene Biopsieinstrumente verwendet:

1. eine nach dem Schneid-Stanzprinzip arbeitende Hochgeschwindigkeits-Stanzbiopsie-Kanüle (Abb.4) vom Typ Super-Core-Biopsy-Needle (Fa. MDTech, Gainesville, Fl., USA). Die Kaliber maßen 9-, 15- und 20-Gauge und die Länge reichte von 9-20 cm. Zur Gewebeentnahme wurde die Nadel am Rand des Punktionsgebietes platziert und das innenliegende Stilett in die Läsion vorgeschoben. Danach wurde die Außenkanüle mit hoher Geschwindigkeit über das Stilett geführt, um die Probe zu entnehmen.

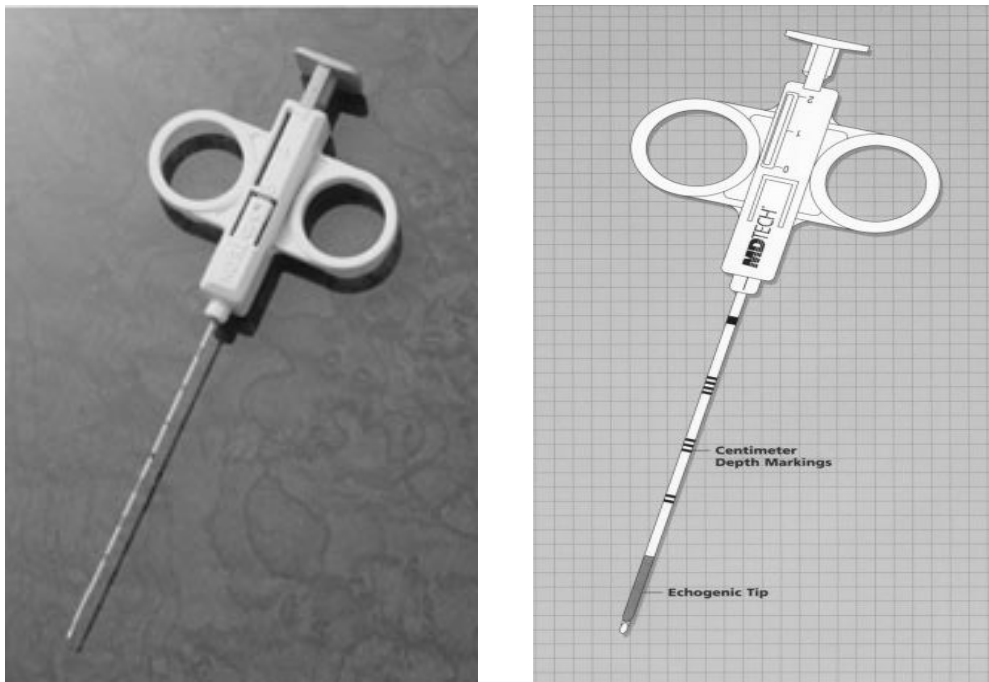


Abb.4 : Schneid-Stanzbiopsie Super-Core I, MDTech (2003)

2. Eine Autovac- oder Vakuum-Stanz-Kanüle (Abb.5) vom Typ Autovac-Biopsy-Needle (Fa. Angiomed, Karlsruhe, Deutschland). Hier wurde das Kaliber 19,5-Gauge und die Längen 10 bzw. 15 cm gewählt. Zur Gewebeentnahme wurde die Kanüle im Punktionsgebiet platziert. Durch das Zurückschnellen der innen liegenden Nadel wird Gewebe in die Außenhülle aspiriert.



Abb.5 : Biopsienadel zur Vakuum-Stanz-Biopsie Autovac-Biopsy-Needle, Angiomed (2003)

2.4 CT-Untersuchungsablauf

Die CT-Untersuchungen wurden nach einem standardisierten Verfahren durchgeführt. Zunächst wurde die Lagerung des Patienten auf dem Untersuchungstisch geklärt, der je nach Herdlokalisation in Rücken-, Bauch- oder Schräglage punktiert wurde. Anschließend wurde zur Lokalisation der zu punktierenden Läsion ein digitales Übersichtsbild (sogenannter „scout view“) erstellt, aus dem hervorging, in welchem Bereich Schichtaufnahmen angefertigt wurden. In der Höhe des relevanten Befundes wurden dann axiale Einzelschichten ohne Schichtzwischenräume erstellt. Dabei wurden in aller Regel folgende Scan-Parameter gewählt: 120 kV Röhrenspannung, 160-200 mA Röhrenstrom und eine Schichtdicke von 10 mm.

Die Planung des risikoärmsten Zugangsweges sowie der Stichrichtung erforderte insgesamt drei bis fünf Schichtaufnahmen. Nach Markierung der Hauteinstichstelle und Hautdesinfektion erfolgte eine Infiltrationsanästhesie mit 5-10 ml 1%igem Lidocain. Danach erfolgte der Einstich mit der Punktionsnadel, deren Lage mit ein bis zwei weiteren Scans kontrolliert wurde, bevor sie endgültig bis zur Läsion vorgeschoben wurde.

2.5 Punktionstechnik

Die CT-gesteuerte Stanzbiopsie erfolgte in aller Regel in Coaxial-Technik, bei der zunächst eine Hohlnadel mit innen liegendem Mandrin (Fa. Cordis, Miami, Fl., USA) in die Nähe der Läsion platziert wurde. Die Stärke dieser Nadel betrug 18-Gauge und ihre Länge 7,3 cm. Durch diese Führungsnadel wurde die Stanznadel in die Läsion vorgeführt. Insgesamt wurden auf diese Weise während einer Punktion vier bis sechs Gewebeproben entnommen. Dabei wurde darauf geachtet, möglichst repräsentatives, vitales Gewebe zu biopsieren oder mehrere Materialproben aus unterschiedlichen Bereichen der Läsion zu entnehmen. Nach der Biopsie wurde zum Ausschluss einer Komplikation eine Kontroll-CT-Aufnahme angefertigt. Bei Biopsien der Lunge erfolgte postinterventionell obligat eine konventionelle Röntgenaufnahme des Thorax.

2.6 Histologische Aufarbeitung

Die entnommenen Stanzzyylinder wurden unverzüglich in 4%iger Formalinlösung fixiert. Da solche Präparate jedoch auf Grund ihrer Konsistenz keine Schnitthanfertigung zulassen, wurde das fixierte Gewebe anschließend in Paraffin eingebettet. Der Einbettung folgte die Anfertigung von 3 µm dicken Schnitten, die auf einen Objektträger aufgezogen und gefärbt wurden. Dazu dienten verschiedene Methoden wie u.a. die Hämatoxylin-Eosin-Färbung (Hämatoxylin färbt Zellkerne blau, Eosin Zellplasma rot), die PAS-Färbung („periodic acid schiff“, färbt Muko- und Polysaccharide) oder die Van-Gieson-Färbung (Bindegewebsfärbung mit Pirkrinsäure, färbt Zellkerne schiefergrau bis schwarzbraun, Zytoplasma und Muskelzellen gelb und Kollagenfasern rot). Außerdem wurden verschiedene Techniken der Immunhistochemie eingesetzt, bei der es sich um eine hochspezifische Bindung von Antikörpern mit Antigen und nachfolgender Darstellung etwa im Fluoreszenzbild oder durch spezifische Färbung handelt. Diese Techniken wurden vor allem in folgendem Zusammenhang eingesetzt :

- Klassifizierung und Diagnose von wenig differenzierten malignen Tumoren
- Identifikation der Lokalisation des Primärtumors beim Vorliegen einer Metastase
- Klassifizierung von Lymphomen und Leukämien

- Bestimmung von prognostischen und prädiktiven Faktoren
- Identifikation von infektiösen Erregern.

2.7 Datenanalyse

In einer retrospektiven Analyse wurden die CT-gesteuerten Punktionen der 337 Patienten ausgewertet. Die relevanten Daten dieser Patienten sowie die Informationen über das jeweilige Punktionsverfahren, die Verdachtsdiagnose und das untersuchte Organsystem wurden aus dem Radiologischen Informationssystem (RIS) der Abteilung gewonnen. Die entsprechenden histopathologischen Ergebnisse gingen aus den Befundberichten der Abt. Pathologie des Universitätsklinikums Göttingen hervor.

Es erfolgte die Aufteilung der Punktionsprozeduren nach Organsystemen in die Gruppen Thorax, Abdomen, Skelett und Sonstige. Innerhalb jeder Gruppe wurden die punktierten Organe und andere anatomische Strukturen aufgeschlüsselt. Hier wurde zwischen diagnostischen Punktionen und Interventionen mit therapeutischer Intention wie z. B. Entlastung eines Ergusses oder Drainage einer Flüssigkeitsansammlung unterschieden. Diese Daten wurden mit den histopathologischen Befunden korreliert. Dabei wurden die Gruppen Malignität oder Benignität einer unklaren Läsion, Metastase eines Primärtumors und Rezidiv eines Malignoms sowie entzündlicher Prozess gebildet.

Als erfolgreich wurden Biopsien gewertet, die den eindeutigen Nachweis der Benignität oder Malignität erlaubten. Dazu musste genügend Material aus der Läsion vorliegen, das repräsentativ war und eine klare Diagnose zuließ. Eine erfolglose Punktion war demnach eine Biopsie mit ungenügender Materialausbeute, welche die Anforderungen der histologischen oder zytologischen Untersuchung nicht erfüllte. Ebenso musste man von einer Fehlpunktion ausgehen, wenn das entnommene Material offensichtlich nicht aus dem Zielareal stammte. Musste eine Punktion abgebrochen werden oder verlief sie aus anderen Gründen frustan, wurde sie ebenfalls als fehlerhaft gewertet.

Das Spektrum an möglichen Komplikationen während und bis zu sechs Stunden nach einer Biopsie wurde nach Schweregrad und dem klinischen Ausmaß in drei Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 enthielt Vorfälle, die keine oder nur geringe klinische Probleme bereiteten, die nur kurzzeitig auftraten und die sich ohne Therapiemaßnahmen zurückbildeten. Dazu zählten Komplikationen wie ein lokales Hämatom oder eine Gewebseinblutung, ein kleiner Pleuraerguss, ein Pneumothorax, der keiner Behandlung bedurfte oder leichte Hämoptysen.

Diese Komplikationen wurden einzeln oder in Kombination miteinander bewertet. Die zweite Gruppe bildeten Komplikationen, die starke Beschwerden verursachten oder einer therapeutischen Intervention bedurften. Zu nennen sind ein Pneumothorax und ein Hämatothorax, die mit einer Drainage versorgt wurden. Gruppe 3 subsumiert gravierende Komplikationen mit intensiver Behandlung oder letalem Ausgang.

3 Ergebnisse

3.1 Verteilung der Punktionen

Von den 356 untersuchten Punktionen wurden in 175 Fällen Punktionen im Throaxraum vorgenommen. Das Abdomen wurde insgesamt 134 mal punktiert. In deutlich geringerem Umfang wurden Punktionen des Skelettsystems mit 20 Eingriffen vorgenommen. Typische Regionen waren hier das Os Ileum, lumbale Wirbelkörper, die Scapula oder die Rippen. Insgesamt 27 Punktionen ließen sich keiner spezifischen Region zuordnen. Hierzu zählen Punktionen paraaortaler und paravertebraler Veränderungen oder der Bauchwand sowie therapeutische Eingriffe wie das Einbringen einer Drainage oder etwa eine Blockade des Ganglion coeliacum. Abbildung 7 zeigt die prozentuale Verteilung dieser Eingriffe auf die einzelnen Organsysteme. Die Aufteilung der jeweiligen Punktionen im Thorax- sowie Abdominalraum sind in den Tabellen 1 und 2 aufgeschlüsselt.

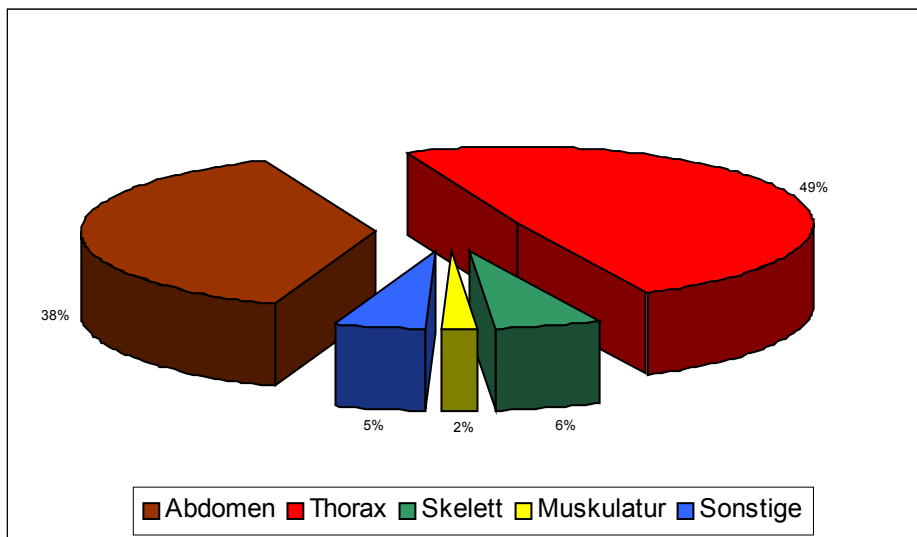


Abb. 7: Prozentuale Verteilung der 356 Punktionen

Tab. 1: Häufigkeit und Verteilung thorakaler Punktionen

Thorax	Region	Anzahl
	Lunge	131
	Pleura	14
	Mediastinum	9
	Lymphknoten	5
	Drainage	5
	Total	175

Tab. 2: Häufigkeit und Verteilung abdomineller Punktionen

Abdomen	Organ	Anzahl
	Leber	48
	Milz	7
	Pankreas	9
	Niere und Nebenniere	9
	Becken und kleines Becken	14
	Lymphknoten	14
	Diagnost. Abszesspunktion	8
	Drainage	27
	Total	134

3.2 Histologische Ergebnisse

Von den 356 Punktionen konnte bei 132 Patienten ein maligner Tumor nachgewiesen werden. 36 Patienten wiesen als Befund die Metastase eines Primärtumors auf und 14 Patienten zeigten ein Rezidiv einer malignen Erkrankung. Bei 89 Patienten konnte ein Tumor ausgeschlossen und der Nachweis der Benignität geführt werden. Eine mikrobiologische Diagnostik mit erfolgreichem Erregernachweis erfolgte bei 29 Patienten. Eine Sondergruppe bilden 12 weitere Punktionen, bei denen ein altes Hämatom oder seriöse Flüssigkeit nachgewiesen wurde. Bei 14 Patienten verlief die Punktion erfolglos. Abbildung 8 zeigt die prozentuale Verteilung dieser Resultate.

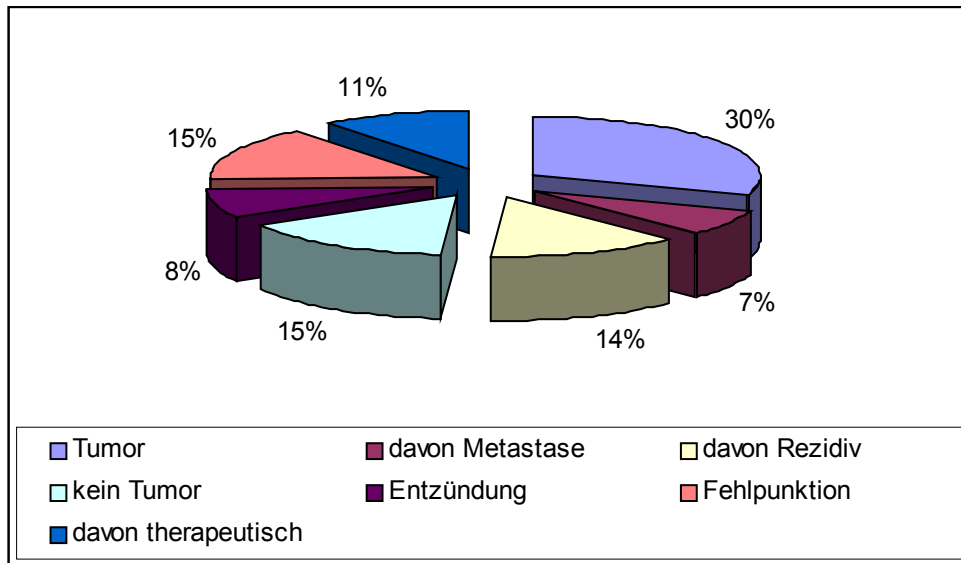


Abb. 8: Prozentuale Verteilung der histologischen Ergebnisse von 356 Punktionen

In den Abbildungen 9 bis 11 sind die einzelnen histologischen Ergebnisse der Punktionen des Thoraxraumes, des Abdomens sowie der anderen Regionen dargestellt.

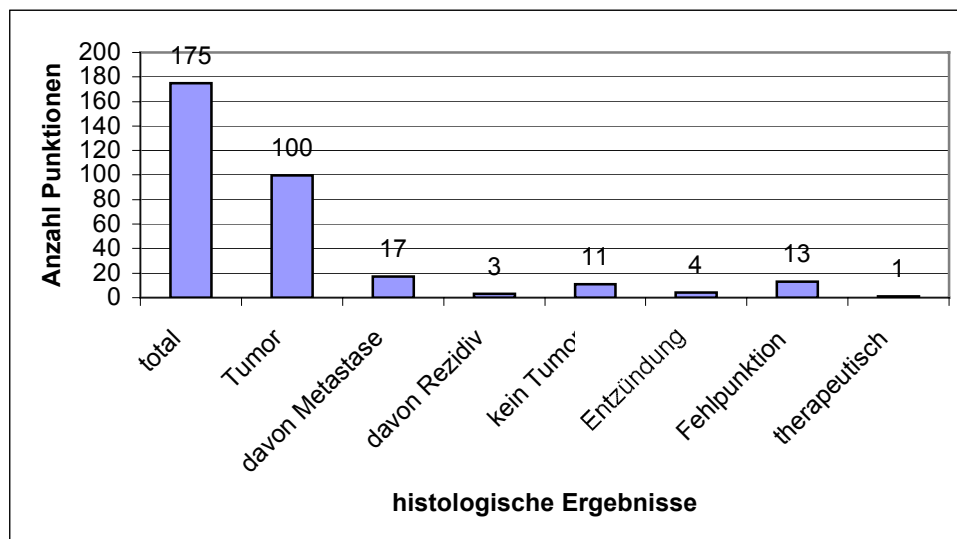


Abb. 9: Verteilung der histologischen Ergebnisse der Punktionen des Thorax

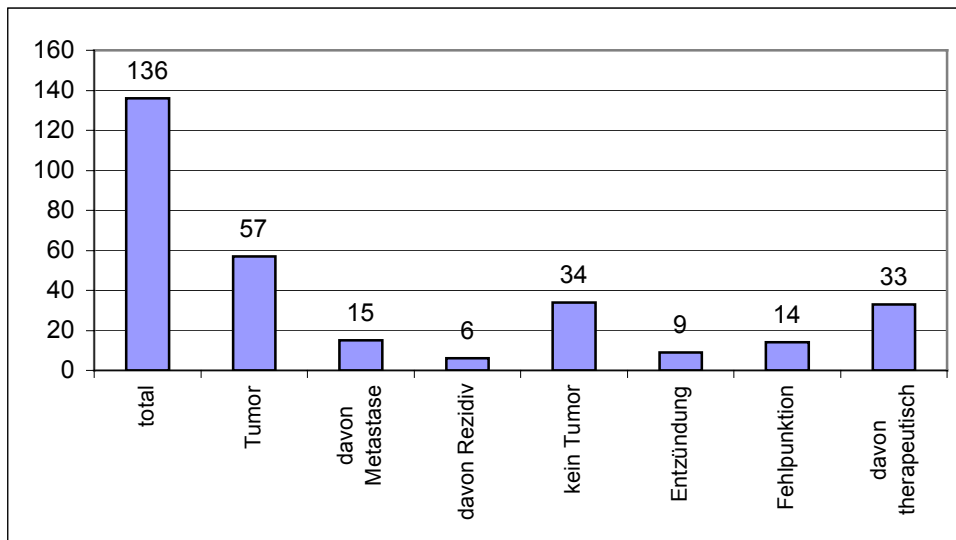


Abb. 10: Verteilung der histologischen Ergebnisse der Punktionen im Abdomen

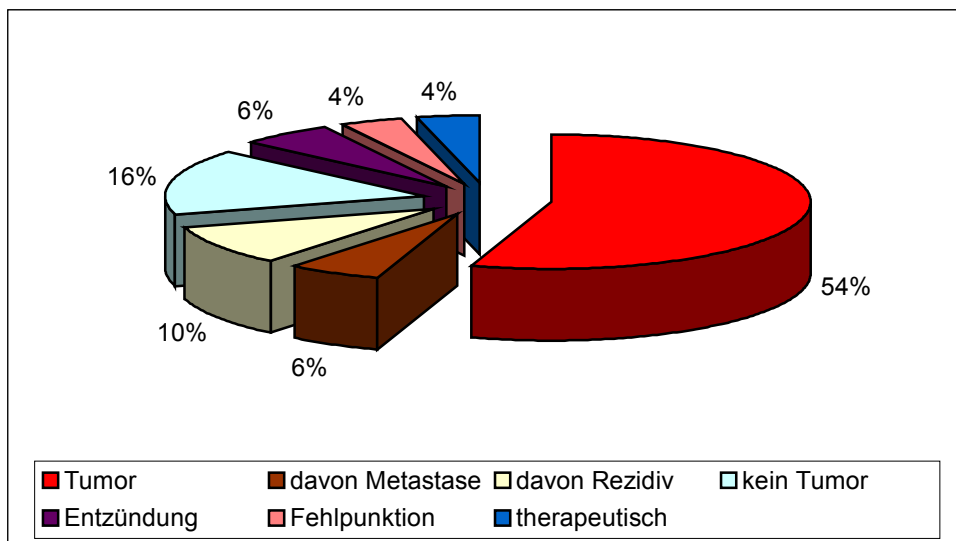


Abb. 11: Verteilung der histologischen Ergebnisse der Punktionen des Retroperitoneums und Muskuloskelettsystems

Abbildung 12 zeigt beispielhaft die histologischen Resultate von insgesamt 131 Punktionen der Lunge. Bei 84 Punktionen (71%) wurde die Diagnose eines malignen Prozesses gestellt. In 14 Fällen (12%) lagen dabei eine oder mehrere Metastasen anderer Organtumore vor. Ein maligner Tumor konnte in 7 Fällen (3%) ausgeschlossen werden. Bei 10 Punktionsprozeduren (9%) lagen Fehlpunktionen ohne adäquate Materialausbeute vor.

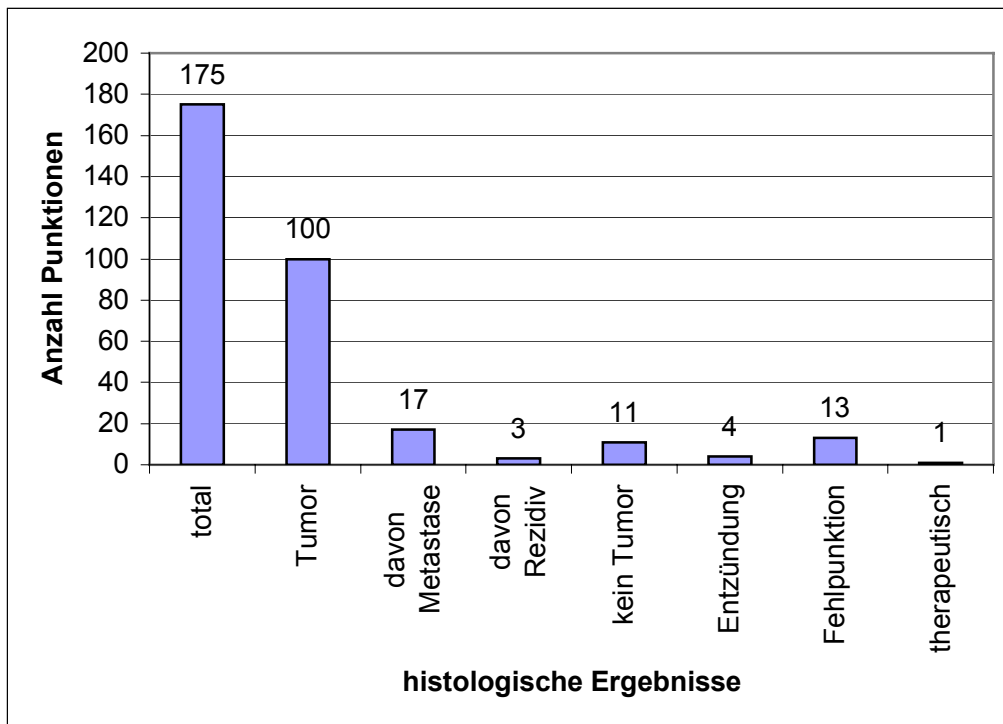


Abb. 12: Histologische Ergebnisse von 131 Punctionen der Lunge

In Abbildung 13 sind die histologischen Resultate von insgesamt 48 Punctionen der Leber aufgezeigt. Bei 28 Punctionen (47%) fanden sich maligne Veränderungen, die überwiegend lebereigene Tumore wie z. B. hepatozelluläre oder cholangiozelluläre Karzinome betrafen. Ein Tumorausschluss konnte bei 12 Punctionen (20%) geführt werden. 7 mal (12%) musste eine Fehlpunktion konstatiert werden.

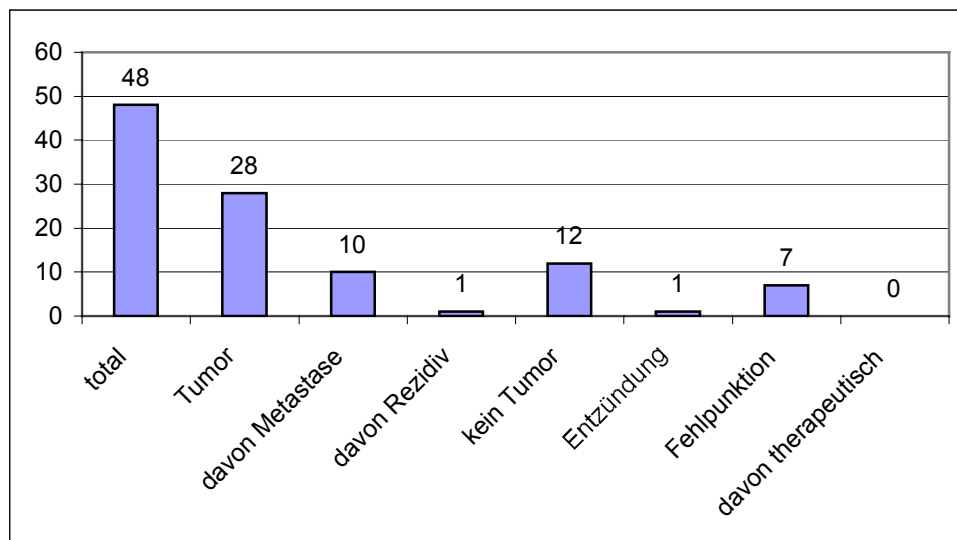


Abb. 13: Histologische Ergebnisse von 48 Leberpunktionen

Insgesamt wurden 16 Punktionen im Bereich von Pankreas und Milz durchgeführt, neun Punktionen des Pankreas und sieben Punktionen der Milz. Jeweils 3 Mal wurde dabei ein Malignom verifiziert. In den anderen Fällen lagen benigne Befunde vor. Auffällig war die Rate nicht erfolgreicher Punktionen des Pankreas von ca. 30%. Ferner wurden neun Punktionen der Nieren und Nebennieren dokumentiert. In sieben Fällen erfolgte hier der Nachweis eines Nierenzellkarzinoms. Ein maligner Tumor wurde in zwei Fällen ausgeschlossen. Lymphknotenpunktionen im Mediastinum oder Retroperitonealraum wurden bei 34 Patienten durchgeführt. Bei 15 Patienten (45%) ergab die Untersuchung ein Lymphom oder eine Lymphknotenmetastase. Bei fünf Punktionen (15%) ergab die histologische Untersuchung einen benignen Befund. In drei Fällen konnte kein repräsentatives Material gewonnen werden.

3.3 Fehlerquote

Bei der Analyse der Fehlpunktionen bzw. der Punktionen ohne diagnostisch hinreichende Materialausbeute zeigten sich geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen anatomischen Regionen. Bei den Punktionen des Thoraxraumes wurden 13 von 175 Prozeduren (7%) als Fehlpunktionen registriert. Im Abdominalbereich waren 14 von 136 Punktionen (10%) nicht erfolgreich. Lediglich zwei nicht als erfolgreich klassifizierte

Punktionen (11%) ergaben sich im Bereich der Eingriffe im Retroperitonealraum. Sämtliche Punktionen des Muskuloskelettsystems verliefen erfolgreich. In der Abbildung 13 sind diese Daten graphisch dargestellt.

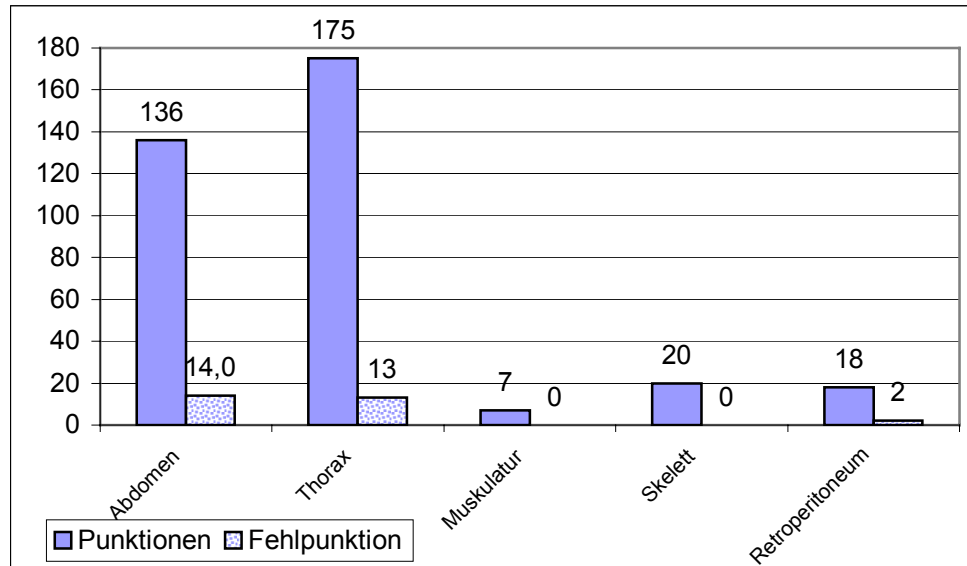


Abb. 13 : Fehlerquote von 356 Punktionen

3.4 Komplikationen

Insgesamt traten bei 356 Eingriffen 31 Komplikationen auf. Das entspricht einer Quote von 8,7 %. Bei der Analyse der Verteilung der Komplikationen auf die punktierten Regionen entfielen 25 Ereignisse auf die Punktion des Thoraxraums, wovon 21 Mal die Lunge betroffen war, drei Mal die Pleura und ein Mal ein Abszess im Thorax punktiert wurde. Bei der Punktion des Abdomens traten insgesamt sechs Komplikationen auf. Insgesamt waren 27 Komplikationen der Gruppe 1 zuzuordnen. Dabei wiesen 15 Patienten einen nicht behandlungswürdigen Pneumothorax auf. Zwei Patienten zeigten nach der Untersuchung Hämoptoe. Bei einem Patienten wurde ein Hämatothorax diagnostiziert, eine Einblutung in den Stichkanal, Lungeneinblutungen und ein Pleuraerguss. Bei drei Patienten wurde ein Pneumothorax in Verbindung mit einem Hämatom festgestellt und ein Patient erlitt einen Pneumothorax in Verbindung mit einem Hämatothorax. Gruppe 2 wies insgesamt vier Komplikationen auf. Es handelte sich dabei stets um einen behandlungsbedürftigen Pneumothorax, der jeweils durch eine Drainage versorgt wurde. In diesem Kollektiv verstarb kein Patient an den Folgen der Punktion.

Am häufigsten betroffen war die Gruppe der 61- bis 70-jährigen Patienten, in der sich insgesamt 11 Komplikationen ereigneten. Davon entfielen sechs Ereignisse auf Männer und fünf auf Frauen. In der Gruppe der 21- bis 30-Jährigen sowie in der Gruppe der 31- bis 40-Jährigen traten unter den männlichen Patienten keine Komplikationen auf, während der Anteil der Frauen ein Mal zwei Komplikationen und ein Mal eine Komplikation zeigte. Tabelle 3 und Tabelle 4 listen die spezifischen Komplikationsraten in Bezug auf die Patienten sowie die Punktionsmanöver auf.

Tab. 3.: Aufstellung der patientenbezogenen sowie punktionsbezogenen Komplikationsrate

Leichte Komplikationen	Anzahl	Komplikationsrate pro Patient	Komplikationsrate pro Punktion
Einblutung in Stichkanal	1	0,3%	0,28%
Pleuraerguss	2	0,6%	0,56%
Pneumothorax ohne Behandlung	15	4,5%	4,21%
Hämatothorax	1	0,3%	0,28%
Hämoptoe	2	0,6%	0,56%
Lokales Lungenhämatom	2	0,6%	0,56%
Pneumothorax + Hämatom	3	0,9%	0,84%
Pneumothorax + Hämatothorax	1	0,3%	0,28%
Schwerere Komplikationen			
Behandlungsbed. Pneumothorax	4	1,2%	1,12%
Letale Komplikationen	0	0%	0%
Gesamt	31	9,3%	8,7%

Tab. 4: Aufstellung der Komplikationsrate in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht der Patienten

Alter (Jahre)	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80
Männer: Anzahl Ereignisse/Punktionen	0 / 4	0 / 18	3 / 29	4 / 47	6 / 58	2 / 31
Frauen: Anzahl Ereignisse/Punktionen	2 / 15	1 / 15	4 / 19	2 / 43	5 / 35	2 / 23
Gesamt	2 / 19	1 / 33	7 / 48	6 / 90	11 / 93	4 / 54

3.5 Bildbeispiele

I. CT-gesteuerte Biopsie einer unklaren Raumforderung im linken Lungenlappen

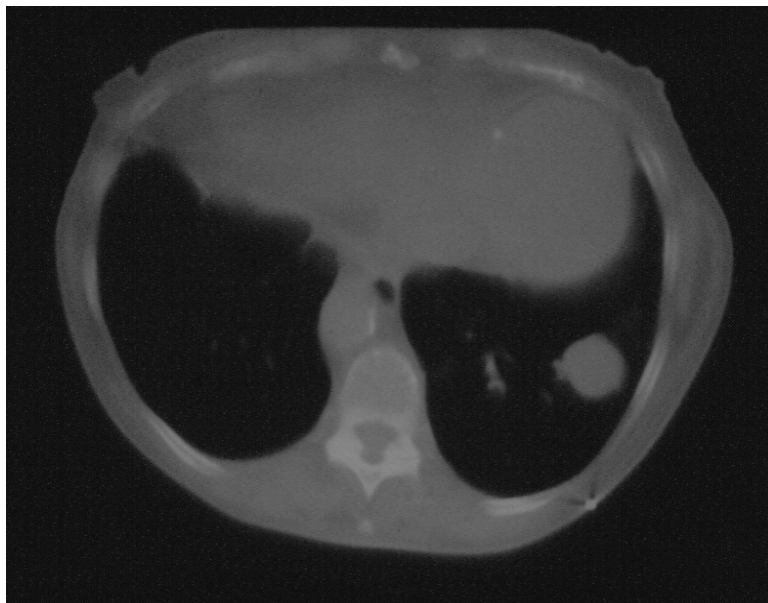


Abb. 6 : CT zur Kontrolle der richtigen Schichthöhe

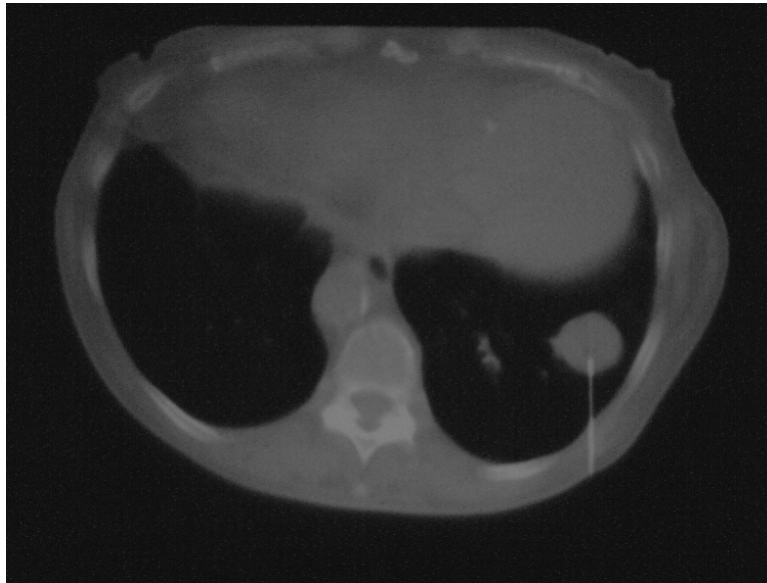


Abb. 7 : CT-Kontrolle während der Gewebeentnahme.

II. CT-gesteuerte Biopsie einer Raumforderung des linken Leberlappens

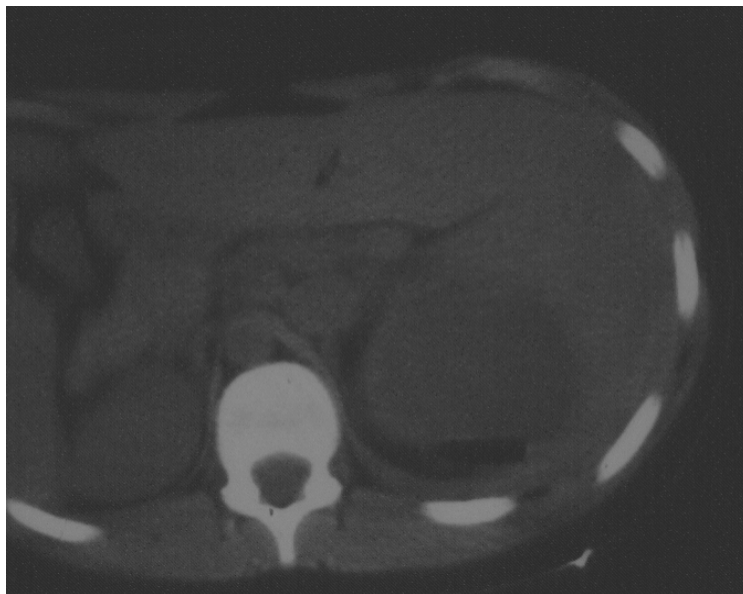


Abb. 8 : Raumforderung des linken Leberlappens

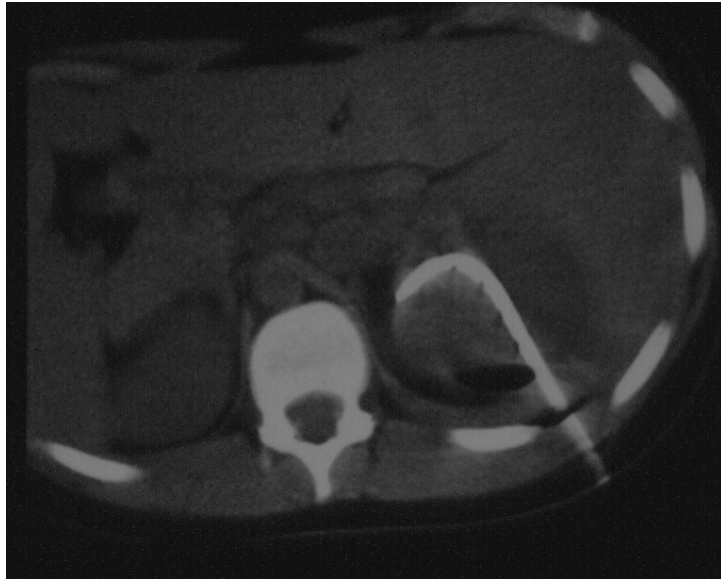


Abb. 9 : Punktion einer Läsion des linken Leberlappens

III. CT-gesteuerte Punktion einer Läsion des Mediastinums

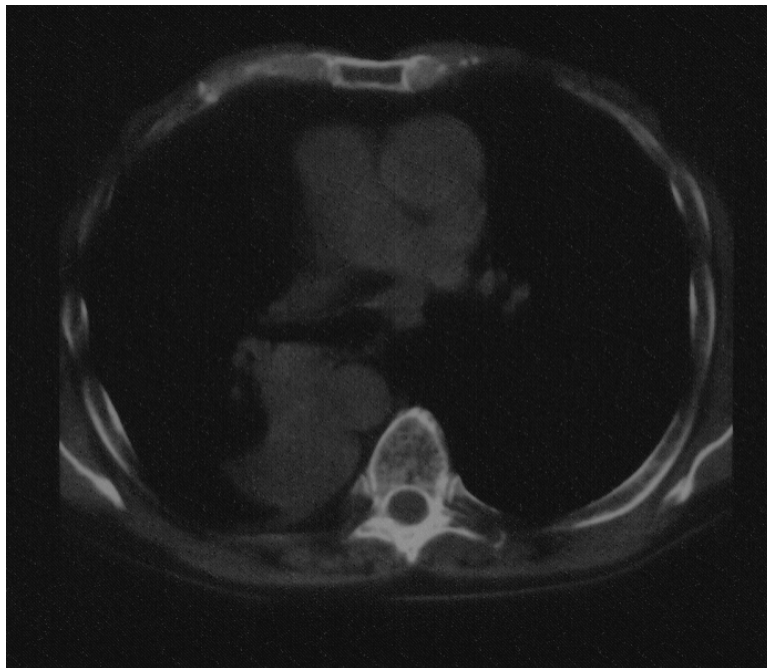


Abb. 10 : Raumforderung des Mediastinums

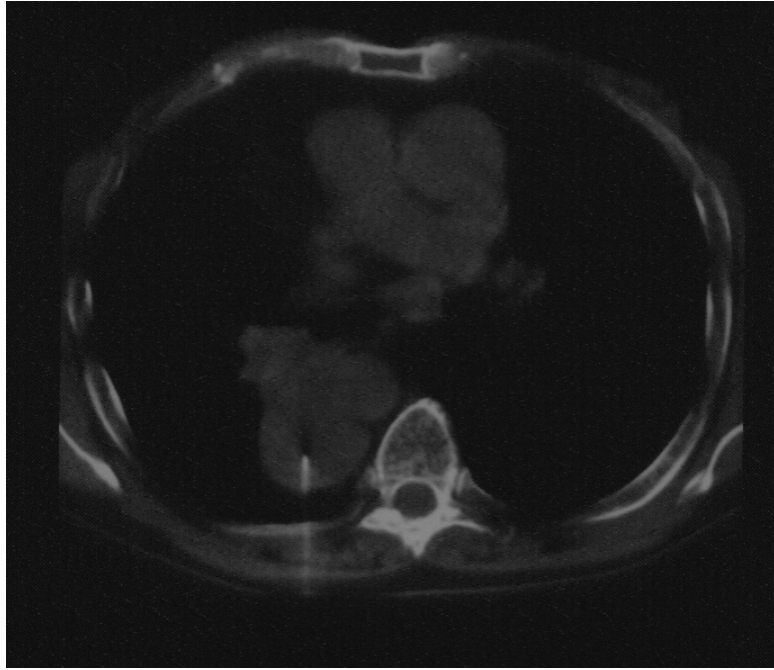


Abb. 11 : Punktion einer mediastinalen Raumforderung

4 Diskussion

4.1 Allgemeine Indikationen zur CT-gesteuerten Punktion

Die Indikation zur Durchführung einer CT-gesteuerten Punktion hat sich mit der technischen Weiterentwicklung der Punktionsbestecke, der Bildgebung und der immunhistochemischen Diagnostik erweitert (Shaham 2000, Yankelevitz et al. 2000) und ergibt sich aus der Notwendigkeit, Gewebe zur histologischen, zytologischen oder bakteriologischen Aufarbeitung entnehmen zu müssen. Als Beispiel können maligne Erkrankungen dienen, deren konservative oder chirurgische Therapie von der sicheren Diagnose, der Typisierung und der Klassifizierung des Malignitätsgrades abhängen. Bedeutend für ein diagnostisches Verfahren ist ein möglichst geringes Risiko für den Patienten bei möglichst hoher diagnostischer Aussagekraft mit der davon abhängenden therapeutischen Konsequenz (Manhire et al. 2003). Eine Diagnosesicherung durch invasivere Verfahren wie Thorakotomie, Mediastinoskopie oder explorative Laparotomien ist daher heute in den Hintergrund getreten und findet nur noch selten Anwendung.

4.2 Indikation zur CT-gesteuerten Punktion thorakaler Läsionen

Die Indikation zur Punktion von Thoraxläsionen stellt sich wenn die Bronchoskopie den Herd nicht erreichen kann oder ohne Ergebnis bleibt und ein gleichzeitiges chirurgisches Vorgehen (Mediastinoskopie, Thorakotomie) nicht indiziert ist (Feuerbach et al. 2003).

- Bei Patienten ohne vorbestehende Tumorerkrankung, bei denen beispielsweise als Zufallsbefund einer obligatorischen präoperativen Thoraxaufnahme oder einer Röntgenreihenuntersuchung neue solitäre Läsionen in der Diagnostik aufgefallen sind, da jede fokale Lungenläsion bis zum Beweis des Gegenteils als maligne anzusehen ist, auch wenn langsam wachsende oder mehrere Knoten bei einer Vielzahl benignen Erkrankungen auftreten können, wie z. B. Wegnersche Granulomatose, Pilzinfektionen, Tuberkulose oder Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises (Manhire et al. 2003).

- Bei Patienten mit bestehendem Tumorleiden und neuen pulmonalen Herden nach langer posttherapeutischer Remissionsphase zum Ausschluss einer Metastase oder zweiten Tumorerkrankung (Patz et al. 1995).
- Bei therapierefraktären Infiltraten zur weiteren Erregeranalyse im Rahmen von Entzündungsprozessen, interstitiellen Lungenerkrankungen oder pulmonalen Infektionen wenn die Bronchiallavage, Blutkultur oder Serologie keinen Erregernachweis ergab (Manhire et al. 2003).
- Bei hilären Prozessen, bei denen die Bronchoskopie , Mediastinoskopie oder die endosonografische Ultraschalluntersuchung keine weiterführenden Ergebnisse lieferte.

4.3 Indikation zur CT-gesteuerten Punktion abdomineller Organe und Prozesse sowie des nichtorgangebundenen Retroperitoneums und des Skeletts

Für die Leber besteht die Indikation in der Differenzierung aller unklaren fokalen Läsionen und parenchymalen Veränderungen, wenn CT, MRT und Sonografie keine eindeutigen Aussagen zulassen. Eine weitere Indikation sind morphologisch und serologisch nicht erklärbare Leberenzymanstiege.

Das Pankreas wird zur Differenzierung einer Raumforderung unklarer Dignität punktiert. Bei irresektabler Situation bei dringendem Verdacht auf ein Pankreaskarzinom wird die Punktion zum Ausschluss einer kurierbaren Erkrankung durchgeführt.

Für die Niere ist die Indikation zur perkutanen Punktion zur Diagnostik maligner Prozesse aufgrund der diagnostischen Treffsicherheit der CT eher selten zu stellen. Bei Verdacht auf einen malignen Nierentumor ist eine operative Therapie auch ohne feingewebliche Untersuchung angezeigt. In Einzelfällen kann eine perkutane Punktion zum Ausschluss eines Rezidivs nach Tumorenukleation oder bei der Differenzierung einer Metastase gegenüber dem Nierenzellkarzinom angezeigt sein. Die meisten Gewebeproben werden zur Diagnostik parenchymaler Nierendefekte oder Malfunktion nach Transplantation durchgeführt.

Die Nebennieren werden zur weiteren Abklärung meist maligner Prozesse punktiert. Benigne Läsionen werden meist durch die Bildgebung ausreichend erkannt, so dass die Indikation zur Punktion mit sich weiter entwickelnden diagnostischen Möglichkeiten der CT und MRT seltener wird (Paulsen et al. 2004). Bei operationsfähigen Patienten ohne malignes Grundleiden sind hormonaktive Raumforderungen der Nebenniere keine Indikation zur Punktion, da diese einer operativen Therapie zugeführt werden müssen.

Perkutane Punktionen des nicht organgebundenen Retroperitoneums werden zur Differenzierung maligner Lymphknoten bei unbekanntem oder bekanntem Primärtumoren oder zur Diagnostik von Läsionen, die davon nicht abgrenzbar sind, durchgeführt.

Die häufigste Indikation für Punktionen des Skelettsystems besteht im Erregernachweis entzündlicher Prozesse wie der Osteomyelitis oder Spondylodiszitis. Indikationen sind ausserdem osteolytische Läsionen, die als Knochenmetastasen imponieren, zur Verifizierung, Artdiagnose und Differentialdiagnose gegenüber einem Plasmozytom oder Non-Hodgkin-Lymphom.

4.4 Wahl des Nadeltyps

Zur Gewebeentnahme stehen prinzipiell zwei funktionell unterschiedliche Nadeltypen zur Verfügung, die sich in ihrer Treffsicherheit sowie den Klassifizierungsmöglichkeiten des gewonnenen Materials unterscheiden (Günther 1992). Die Feinnadelaspirationsbiopsie (FNAB) findet Verwendung bei Fragestellungen, die mit einer zytologischen Aufarbeitung beantwortet werden können wie z. B. der generellen Unterscheidung zwischen einem malignen oder benignen Befund. Dies kann der Fall sein bei dem Verdacht auf eine Metastase bei bekanntem Primärtumor, da die Genauigkeit der Tumorklassifikation der FNAB der einer Stanzbiopsie (STB) unterlegen ist und in diesem Fall von nachgestellter Bedeutung wäre. Weiter gefasste Gewebeteilungen einer FNAB sind die Differenzierung in spezifische und unspezifische Entzündungen oder die Unterscheidung zwischen Hämatom und Zyste oder narbigem Gewebe.

Die STB hingegen erlaubt die histologische Aufarbeitung des gewonnenen Materials und wird daher zur genauen Klassifikation einer unklaren Gewebestruktur verwendet.

Beispielgebend ist eine metastasenverdächtige Läsion ohne Kenntnis eines Primärtumors. Die Auswahl des Nadeltyps sollte aber unter Berücksichtigung der Größe und Lokalisation der Läsion, der erforderlichen diagnostischen Genauigkeit sowie des Komplikationsrisikos und des Zugangsweges getroffen werden (Schwarzenberg et al. 1996).

Feuerbach et al. (2003) hält die Stanzbiopsie in allen zu punktierenden Läsionen für die beste Methode, da sie bei gleichem Komplikationsrisiko gegenüber der FNAB auch immer eine histologische Fragestellung zulässt. Günther (1992) beschreibt prinzipielle Unterschiede zwischen der STB und der FNAB bezüglich der Treffsicherheit und Klassifikation des entnommenen Materials und leitet daraus organspezifische Indikationen unter Berücksichtigung der klinischen Fragestellung ab. Die FNAB weise eine geringere Treffsicherheit bei geringerer Genauigkeit der Tumorklassifikation sowie eine geringere Sensitivität auf. Wegen des geringeren Komplikationsrisikos gegenüber der STB bei gleicher Spezifität gab er der FNAB jedoch bei der grobgerasterten Abklärung unklarer Prozesse des Thorax und Abdomens den Vorzug. Für die risikoreichere Stanzbiopsie entschied er sich nur, wenn die Diagnose eine histologische Untersuchung erforderlich machte.

4.5 Organgebundene Kriterien zur Verwendung unterschiedlicher Biopsiebestecke

Michielsen et al. (1998) verglichen die Stanzbiopsie mit der Feinnadelbiopsie in Bezug auf fokale Leberläsionen. Die FNAB und die Stanzbiopsie ergaben eine Sensitivität von 87% und eine Spezifität von 100%. Die Fehlerquote durch unzureichende Qualität des Punktates lag bei der FNAB mit 10% über der der Stanzbiopsie, die keine Fehlpunktionen aufwies. Auch Franca et al. (2003) fanden bei ihrem Vergleich zwischen FNAB und STB eine Fehlerquote von 16% bei der FNAB. Wegen der hohen diagnostischen Genauigkeit von 93% hielten die Autoren sie der STB für ebenbürtig. Dyusburgh et al. (1997) berichten von einem Anteil insuffizienter Proben von nur 1,5% mit der STB, weswegen sie diese für das bessere Verfahren hielten. Seitz et al. (1990) fanden signifikante Unterschiede in der Differenzierung zwischen Primärtumor und Metastase mittels STB von 87,5% gegenüber nur 42,9% mit der FNAB. Günther (1992) ermittelten für beide Punktionsverfahren eine identische Sensitivität und Spezifität von 95% und 100% . Die STB erhielt auch hier gegenüber der FNAB den Vorzug bei der Diagnose primärer Lebertumore.

In einer Metaanalyse von 1374 transjugulären Biopsien der Leber fanden Krupski et al. (2003) keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Verfahren bezüglich der Materialausbeute (92,5% für die Trucut-Nadel und 91,5% für die Aspirationsnadel) und dem technischen Erfolg der Prozedur (96,7% für die STB und 94,4% für die FNAB). Aus ökonomischen Gründen zogen sie die FNAB der STB vor. Laut Günther (1992) sind Spezifität und Sensitivität beider Verfahren mit 95% und 100% identisch. Die STB sei gegenüber der FNAB zur Klärung parenchymaler Lebererkrankungen und zur Diagnose eines primären Lebertumors besser geeignet.

Im nicht organgebundenen Retroperitoneum konnten Feuerbach et al. (2003) für die STB eine Sensitivität um 90% bei einer Spezifität von über 95% nachweisen. In 95% der malignen Lymphome konnte eine korrekte Subklassifikation erreicht werden. Wutke et al. (2001) beschrieben eine diagnostische Genauigkeit von 88% bei einer Sensitivität und Spezifität von 91% und 100%. Ähnliche Werte bestimmten Günther (1992), die nur bei unbekanntem Primärtumor die STB der FNAB vorzogen. Lopez-Rios et al. (2002) hingegen führten 111 FNAB mit einer Sensitivität von 97% und einer Spezifität von 100% bei einer diagnostischen Genauigkeit von 98% durch. Allerdings betrug die Fehlerquote hier 20%.

Constantinos et al. (2004) ermittelten eine diagnostische Genauigkeit mit der FNAB von 86%. In einer Multicenterstudie von 510 Feinnadel-Pankreaspunktionen konnte Di Strasi et al. (1998) eine Sensitivität der Zytologie von 87% bei einer Spezifität von 100% und einer diagnostischen Genauigkeit von über 91% nachweisen. Nur die chronische Pankreatitis erfordere eine histologische Abklärung. Ähnliche Werte erzielten Shin et al. (2002) bei einer Rate falsch negativer Ergebnisse aufgrund ungenügenden Materials von 13,2%. Feuerbach et al. (2003) geben eine Sensitivität und Spezifität von jeweils über 90% unter Verwendung der STB an, die die schwierige Differenzierung entzündlichen gegenüber malignem Gewebe in diesem Organ sicherer beantworten könne. Stewart et al. (2002) gaben der Aspirationszytologie den Vorzug, da diese bei höherer Sensitivität eine höhere diagnostische Genauigkeit ergäbe.

Eshed und Elias (2004) untersuchten mittels Stanzbiopsie 23 Patienten mit durch die Bildgebung nicht eindeutig klassifizierbaren Läsionen und ermittelte eine Sensitivität von 93% bei einer Spezifität von 100%. Mignon et al. (2001) punktierten 67 Patienten mit Stanznadeln zwischen 16-Gauge und 21-Gauge und stellte eine diagnostische Genauigkeit von 81% fest.

Günther (1992) hält die FNAB aufgrund der meist zytologischen Fragestellungen und einer Sensitivität von 87% und einer Spezifität von 99% dieses Verfahrens für geeigneter.

Günther (1992) favorisiert die STB wegen der Möglichkeit einer exakten Artdiagnose bei gleichem Komplikationsrisiko wie mit der FNAB, die zudem bis zu vier Punktionen zur suffizienten Materialentnahme erforderte und in 7% bis 17% der Fälle unzureichendes Material liefert. Wegen der hohen Differenzierungsmöglichkeiten benignen Raumforderungen durch die CT sei der STB gegenüber der FNAB der Vorzug zu geben. Feuerbach et al. (2003) konnten in 90% der Stanzbiopsien histologisch auswertbare Gewebezylinder entnehmen.

Erlemann et al. (1998) untersuchten die Unterschiede in der diagnostischen Genauigkeit zwischen 18-Gauge-Stanznadeln und 19,5-Gauge Aspirationsnadeln in pulmonalen Läsionen. In dieser Studie von 162 Biopsien ermittelten sie eine Sensitivität maligner Tumore von 85,9% mittels Stanzbiopsie gegenüber 62,1% mit der Aspirationsbiopsie bei einer diagnostischen Genauigkeit von 86,7% durch die Stanzbiopsie und 68,4% durch die Aspirationsbiopsie. Anderson et al. (2003) belegten an 182 Punktionen eine höhere Treffsicherheit mit der Stanzbiopsie von 93% gegenüber der FNAB von 78%.

Bolter et al. (2000) wiesen an 253 Punktionen pulmonaler Läsionen eine Überlegenheit der Stanzbiopsie bezüglich der suffizienten Materialentnahme mit 84,4% gegenüber 68% mit der Feinnadelaspirationsbiopsie nach. Die Kombination beider Verfahren erbrachte eine Steigerung auf 91,3% bei gleichbleibender Komplikationsrate. Laurent et al. (2000) verglichen in einer Studie von 223 Punktionen 20- bis 22-Gauge Aspirationsnadeln mit 19,5-Gauge Stanznadeln und wiesen eine geringere Rate falsch negativer Werte für die STB bei gleichem Komplikationsrisiko nach. Kee-Min et al. (2001) wiesen für benigne Läsionen eine Sensitivität von nur 50% mit der FNAB nach. Kowalewski et al. (2004) ermittelten eine Fehlerquote von 32,6% in einer Studie von 438 CT-gesteuerten FNAB suspekter

Lungenherde. Günther (1992) verwendeten die STB bei Herden des vorderen und hinteren Mediastinums sowie pleuralen Läsionen. Für pulmonale Raumforderungen wählte er die STB nur bei peripher gelegenen Läsionen über 10 mm Größe bei unbekanntem Primärtumoren.

Zur Bestimmung von Erregern bei entzündlichen und zystischen Veränderungen des Skeletts ist die Aspirationsbiopsie laut Günther (1992) und Feuerbach et al. (2003) ausreichend. Bei erhaltenem Kortikalisrand oder sklerosierenden Arealen finden typische Knochenbiopsiebestecke Anwendung. Issakov et al. (2003) konnten in einer Studie von 135 Punktionen des Skelettsystems eine diagnostische Genauigkeit von 90% unter Verwendung der Stanzbiopsie ermitteln. Duda et al. (2001) konnten in einer Studie von 100 perkutanen Knochenstanzbiopsien 92% der osteolytischen Herde erfolgreich klassifizieren.

4.6 Kontraindikationen zur Durchführung einer CT-gesteuerten Punktion

Für die Durchführung einer CT-gesteuerten Punktion bestehen relative und absolute Kontraindikationen. Eine Reihe von relativen Kontraindikationen werden diskutiert.

4.6.1 Relative Kontraindikationen

Klein und Zarka (1997) fanden ein erhöhtes Blutungsrisiko als Folge von Urämie, pulmonalarteriellem oder pulmonalvenösem Hochdruck, die Gerinnung beeinflussende Leberfunktionsstörungen oder hämatopoetische Störungen wie beispielsweise eine Thrombozytopenie von unter 100.000 / ml (Moore 1998) oder eine PT (partielle Thrombinzeit) von über 1,4. Patienten mit vorangegangener Pneumektomie sind laut Haramati und Austin (1991) einem nur relativ erhöhten Risiko für Pneumothoraces unter der Bedingung ausgesetzt, dass die zu punktierende Läsion mit der Pleura verhaftet ist und kein belüftetes Lungengewebe der Restlung mit der Nadel passiert werden muss. Lungenfunktionsstörungen wie COPD und das Lungenemphysem, die Lungenfibrose oder Lungensequester stellen ebenfalls ein erhöhtes Pneumothoraxrisiko dar und sind daher als relative Kontraindikationen zu werten (Günther 1992). Aufgrund des erhöhten Blutungs- und Pneumothoraxrisikos bei unkooperativen oder ängstlichen Patienten sollte präinterventionell ausreichend analgosediert werden. Ist dies nicht möglich, muss die Notwendigkeit der Materialentnahme erneut überdacht werden. Eine Passage durch

Darmstrukturen, etwa transcolisch, sollte nur mit Singleshot-Antibiose und nach Durchführung einer Darmspülung wie zur Coloskopie erfolgen (Feuerbach et al. 2003).

4.6.1 Absolute Kontraindikationen

Absolute Kontraindikationen verbieten die Durchführung einer Stanzbiopsie. Diese sind zwar relativ selten, müssen jedoch beachtet werden. Verschiedene Bedingungen müssen als absolute Kontraindikationen angesehen werden. So verbietet eine fehlende therapeutische Konsequenz einer histologischen oder zytologischen Gewebeanalyse die perkutane Biopsie. Gefäßanomalien wie beispielsweise Aneurysmen oder arteriovenöse Malformationen sollten in der präinterventionell durchgeführten CT ausgeschlossen worden sein, da sie bei Alteration zu einem enorm erhöhten Hämorrhagierisiko führen können (Manhire et al. 2003). Blutgerinnungsstörungen oder orale Antikoagulation mit resultierendem Quick von unter 50 %, einer PTT > 50 s oder eine Thrombozytopenie von unter 50.000 / mm³ (Papin et al., 1985). Ein Sauerstoffpartialdruck von unter 60 mmHg infolge eingeschränkter Atemfunktion ist laut Günther (1992) ein Ausschlusskriterium für eine perkutane Lungenbiopsie. Bei Punktionen der Leber muss ein Hämangiom zuvor durch Sonografie oder MRT ausgeschlossen worden sein (Feuerbach et al. 2003). Bei Echinokokkuszysten besteht die Gefahr der Septikämie. Phäochromozytome der Nebenniere sind wegen der Gefahr der malignen hypertensiven Entgleisung während der Intervention von einer Punktion auszuschließen.

4.7 Trefferquote

Die Untersuchung der Trefferquote in Abhängigkeit von dem verwendeten Punktionsbesteck und dem Zugangsweg war nicht Gegenstand dieser Arbeit. In der Literatur wird die Einflussgröße des Punktionsmechanismus kontrovers diskutiert. Sowohl für die Feinnadelaspirationsbiopsie als auch für die Stanzbiopsie geben zahlreiche Studien eine Trefferquote zwischen 90% und 98% aus. Die Trefferquote wird außerdem beeinflusst von der entnommenen Anzahl der Proben einer Läsion, der Größe des zu punktierenden Areals und die besonderen Eigenschaften des zu punktierenden Gewebes sowie der Erfahrung des Untersuchers. Für falsch negative Punktionsergebnisse können als Ursachen das Verfehlen der Läsion, die Entnahme von nekrotischem Gewebe, unzureichende Materialausbeute und fehlerhafte Materialbearbeitung ursächlich sein (Schwarzenberg et al. 1996). Eine

erfolgreiche Punktion ist definiert als eine Gewebeentnahme, die aus dem Zielgebiet stammt und genügend Material für die anschließende zytologische oder histologische Untersuchung ergibt. Die Angaben in der Literatur bezüglich der Trefferquote sind aufgrund o. g. Einflussgrößen von großer Varianz geprägt. Schwarzenberg et al. (1996) erzielten bei 213 FNAB des Thorax und Abdomens in 93,9% eine ausreichende Materialentnahme. Wutke et al. (2001) analysierten 180 konsekutive Biopsien und stellten eine hohe Varianz in verschiedenen Punktionsgebieten fest. Der ermittelte diagnostischen Nutzen aller Punktionen betrug 74%. Anderson et al. (2003) belegten an 195 perkutanen Lungenbiopsien eine Trefferquote von 93% mit der Stanznadel. Connor et al. (2000) ermittelten in einer Studie thorakaler Punktionen eine Trefferquote von 98%, Van Sonnenberg und Goodacre (2003) erreichten eine suffiziente Gewebeentnahme in 92% der durchgeführten thorakalen Punktionen. Von einer ähnlich hohen Treffsicherheit berichteten Schwarzenberg et al. (1996), die auch kleine hiläre Raumforderungen mit einer Trefferquote von 96% punktierten. Greif et al. (1999) konnten in 91,9% der entnommenen Proben mediastinaler Läsionen eine histologische Differenzierung vornehmen. Franca et al. (2003) ermittelten eine diagnostische Genauigkeit mit der FNAB von 93% innerhalb der suffizienten Probeentnahmen, die aber nur in 77,6% der Prozeduren gelang. Kowalewski et al. (2004) führten 438 CT-gesteuerte FNAB des Thorax durch von denen in 32,7 % der Fälle keine suffizienten Gewebeproben resultierten. In einer Studie von 80 perkutanen Punktionen fokaler Leberläsionen ermittelten Knopfle et al. (1997) eine Trefferquote von 80 %. Michielsen et al. (1998) gaben eine Trefferquote von 90% an. Darüber lagen Haage et al. (1999) mit einer in 98,2% der Fälle erfolgreichen Materialentnahme. Constantinos et al. (2004) ermittelten eine Trefferquote des Pankreas von 88%. Sofocleous et al. (2004) wiesen ebenfalls eine Trefferquote von 88% nach. Eine niedrigere Erfolgsrate verzeichneten Larghi et al. (2004), die in 74% der Fälle genügend Gewebe entnahmen. Richter et al. (2000) belegten in einer Studie von 583 Nierenbiopsien eine Fehlerquote von 16,9%. Niedrigere Werte erzielten Mignon et al. (2001), mit 72% erfolgreichen Biopsien. Lopez-Rios et al. (2002) dokumentierten an 111 Punktionen des Retroperitoneums eine 20%ige Fehlerquote aufgrund ungenügender Materialausbeute. Sklair-Levi et al. (1997) führten 851 Biopsien des Abdomens und Retroperitoneums mit einer Stanznadel durch, von denen in 13,6% der Fälle die Materialausbeute ungenügend war. Libicher et al. (2002) wiesen in einer Studie CT-gesteuerter Biopsien maligner Lymphome nach, dass in 90% der Punktionen genügend Material für eine histologische Aufarbeitung entnommen wurde. Balestreri et al. (2005) dokumentierten in einer Studie von 113 Patienten mit NHL eine Trefferquote von 89%.

Weitere 24 Patienten mit Hodgkin-Lymphom konnten mit einer Trefferquote von 75% punktiert werden. Depuy et al. (1998) punktierten 221 neoplasieverdächtige Läsionen des Muskuloskelettsystems mit einer Trefferquote von 92%. Ähnliche Werte erreichten Duda et al. (2001) mit 89% erfolgreicher Punktionen bei 100 Biopsien. In einer Serie von 74 perkutanen Punktionen erreichte Torriani et al. (2002) in 99% eine ausreichende Gewebeentnahme.

In der eigenen Studie wurden 175 Thoraxpunktionen durchgeführt. In 7% der Fälle gelang eine suffiziente Materialentnahme nicht oder war die Punktion aus anderen Gründen nicht als erfolgreich gewertet worden. Innerhalb der o. g. Varianz in der Trefferquote thorakaler Punktionen zwischen 98% (Van Sonnenberg und Goodacre 2003) und unter 70% (Kowalewski et al. 2004) liegen die eigenen Ergebnisse mit einer Quote von 93% in einem höchst erfreulichen Bereich.

In der Gruppe der Punktionen des Abdomens werden für verschiedene Organe unterschiedliche Erfolgsraten angegeben. Im eigenen Kollektiv ergab sich ein Trefferquote von 86% für insgesamt 136 abdominelle Punktionen. Die Punktionen des Retroperitoneums verliefen zu 89% erfolgreich. Hier schwanken die Literaturangaben zwischen 80% und 90% erfolgreicher Biopsien. Insgesamt wurden 356 Punktionen mit einer Fehlerquote von 8,1% durchgeführt.

4.8 Diagnostische Genauigkeit oder Treffsicherheit

Die diagnostische Genauigkeit einer Punktion gibt den Anteil der Punktionen wieder, anhand deren histologischer oder zytologischer Aufarbeitung eine definitive Diagnose gestellt werden kann. Die Spezifität weist die als richtig benigne erkannten Punktionen aus, während die Sensitivität den Anteil als richtig maligne eingestufte Gewebeentnahmen beschreibt. Laut Cardella et al. (2003) werden perkutane Biopsien in vielen Organsystemen mit sehr guten Resultaten für diese drei Parameter durchgeführt. Faktoren, welche die diagnostische Treffsicherheit beeinflussen, sind laut Schwarzenberg et al. (1996) die Befundlokalisation, deren Größe, die gewonnene Materialmenge und -qualität, die Biopsienadel, die Erfahrung des Untersuchers und des Pathologen sowie die Kooperationsfähigkeit des Patienten. Diese erklärten die Varianz der diagnostischen Treffsicherheit, die in der Literatur mit 60% bis 90% angegeben sei. In seinem Kollektiv von 213 Punktionen wurde die diagnostische Genauigkeit durch Vergleich des entnommenen Materials mit den histologischen Operationsergebnissen

mit 72,7% ermittelt. Feuerbach et al. (2003) kamen in ihren Untersuchungen innerhalb der thorakalen Punktionen auf eine Sensitivität und Spezifität um 80%. Montaudon et al. (2004) punktierten 605 pulmonale Herde mit einer Sensitivität von 92,2% und einer Spezifität von 99,1%. In einer Studie von 631 pulmonalen Punktionen erreichten Kee-Min et al. (2003) eine Sensitivität von 93% und eine Spezifität von 98%. Die diagnostische Genauigkeit wurde mit 95% angegeben. Abdominelle Läsionen wurden mit einer Sensitivität und Spezifität zwischen 90% und 95% erfasst.

Tsukada et al. (2000) wiesen einen Anstieg der diagnostischen Genauigkeit mit zunehmender Größe der Läsion nach. 84% der Läsionen unter 1,5 cm und 96% der Läsionen über 5 cm Größe konnten Kee-Min et al. (2003) in einer retrospektiven Analyse von 631 CT-gesteuerten thorakalen Stanzpunktionen ermitteln. Auch Huang et al. (2002) beschrieben einen Einfluss der Läsion auf die diagnostische Wertigkeit. In 224 Punktionen wiesen sie eine signifikant niedrigere Rate von 69,6% korrekter Diagnosen in Läsionen bis 3 cm gegenüber 82,4% in Läsionen ab 4 cm Größe nach. Kowalewski et al. (2004) fanden eine Abhängigkeit der Trefferquote von der Läsionsgröße: von 438 durchgeführten CT-gesteuerten Punktionen des Thorax führten 32,7% zu keiner Diagnose. In diesen Fällen handelte es sich um Tumore bis 4 cm Größe während in 67,3% der Punktionen mit korrekter Diagnose der Tumor durchschnittlich 5,4 cm mass. Geraghty et al. (2003) erreichten eine Sensitivität von 95% mit der 18-Gauge Stanznadel gegenüber 89% mit der 19-Gauge Stanze. Aufgrund des geringeren Komplikationsrisikos hielten sie die 18-Gauge Stanze für die bessere Wahl. Rotte (1995) belegte, dass zutreffende Ergebnisse mit Nadeln größeren Kalibers deutlich öfter erzielt werden konnten als mit dünnlumigen Nadeln. Haage et al. (1999) hingegen verglichen Stanzbiopsienadeln von 14-Gauge und 18-Gauge bei 272 Punktionen und konnten dabei Malignität und Benignität der Läsionen mit jeweils über 90%iger Sicherheit bei gleichem Komplikationsrisiko nachweisen.

Laurent et al. (2000) wies für die Stanzbiopsie einen höheren diagnostischen Wert in der Beurteilung benigner pulmonaler Läsionen nach und außerdem eine niedrigere Rate falsch negativer Punktionen maligner Herde durch die Stanzbiopsie hervor. Staroselsky et al. (1998) ermittelten für die Stanzbiopsie eine Überlegenheit in der Diagnose benigner Lungenherde von 87,8% gegenüber 31,7% mittels FNAB. Kee-Min et al. (2003) führten an 631 Patienten mit unklaren pulmonalen Läsionen eine Stanzbiopsie durch, die in diesem Kollektiv eine Sensitivität von 93% und eine Spezifität von 98% bei einer diagnostischen Wertigkeit von 95% ergab. Kowalewski et al. (2004) gaben die Spezifität und Sensitivität

innerhalb seines Kollektivs von 438 malignitätsverdächtigen pulmonalen Raumforderungen mit 93,1% und 73,9% an. Unter 70 Stanzpunktionen des Mediastinums konnten Greif et al. (1999) in 91,9% der Fälle eine histologische Differenzierung vornehmen. Benigne Läsionen werden laut Manhire et al. (2003) mittels FNAB nur mit einer Sensitivität von 50% diagnostiziert. Die Zytologie ist der Histologie in der Zelldifferenzierung unterlegen (Günther 1992). Connor et al. (2000) zeigten an 103 perkutanen Punktionen des Thorax eine Überlegenheit der Stanztechnik bezüglich der Sensitivität gegenüber der Aspirationszytologie. Stewart et al. (2002) konnten trotzdem SCLC und NSCLC in ihrer Studie korrekt differenzieren. Swischuk et al. (1998) führten 612 Lungenpunktionen mittels 18 bis 22-Gauge Aspirationsnadeln durch und konnten in 94% der Fälle eine definitive Diagnose stellen. Franca et al. (2003) ermittelten eine diagnostische Genauigkeit mit der FNAB von 93% . Erlemann et al. (1998) hingegen ermittelten signifikant höhere Werte für die Sensitivität maligner Läsionen mittels Stanzbiopsie gegenüber der Aspirationsbiopsie von 85,9% zu 62,1%.

Innerhalb der abdominalen Punktionen halten Stewart et al. (2002) die Aspirationsnadel der Stanzbiopsie in bezug auf die Diagnose maligner Läsionen für überlegen. Haage et al. (1999) konnten unter 272 Stanzbiopsien fokaler Leberherde in 90,6% eine definitive Diagnose stellen. Sensitivität und Spezifität betragen 94,8% und 92,0%. Feuerbach et al. (2003) erreichten in ihrem Kollektiv Werte für Sensitivität und Spezifität von über 90% und verwiesen auf die einheitlichen Literaturangaben. Bezüglich fokaler Leberherde konnten Krupski et al. (2003) keine signifikanten Unterschiede in der Erfolgsrate zwischen der Stanzbiopsie und der Feinnadelaspirationsbiopsie ausmachen. Für beide Verfahren gaben sie Werte um 92% an. Constantinos et al. (2004) punktierten 58 Läsionen des Pankreas mit einer FNA und ermittelten eine diagnostische Genauigkeit von 86%. Shin et al. (2002) ermittelten eine Sensitivität von 81,7% und eine Spezifität von 100%. Feuerbach et al. (2003) gaben eine Spezifität und Sensitivität von über 90% mittels Stanzbiopsie an, während Zech et al. (2002) mit der gleichen Nadel eine Sensitivität von 78,1% bei einer diagnostischen Genauigkeit von 81,0% erreichten. Castro et al. (2004) erreichten unter 91 Biopsien der Niere eine diagnostische Genauigkeit von 92,3%. Geringere Werte ergaben sich bei Mignon et al. (2001), die auf eine diagnostische Treffsicherheit von 81% unter 67 Punktionen kamen. In einem Kollektiv von 583 Patienten konnten Richter et al. (2000) in 76% der Fälle eine definitive Diagnose ermitteln. Für die Punktionen der Nebenniere gaben Mignon et al. (2002) eine diagnostische Genauigkeit von 80% bis 95% an.

Bei 111 Feinnadelpunktionen des Retroperitoneums ergab sich laut Lopez-Rios et al. (2002) eine Sensitivität von 97% bei einer Spezifität von 100%. Die diagnostische Wertigkeit wurde mit 98% angegeben. Auch Gupta et al. (2003) hielten die Aspirationsnadel für die richtige Wahl zur Punktion retroperitonealer Läsionen. Guo et al. (2001) wiesen eine Sensitivität und Spezifität der Feinnadelbiopsie von 90% und 100% nach. Welker et al. (2000) und Duda (2001) punktierten Skelett und Weichteile mit einer diagnostischen Genauigkeit von 80%. Issakov et al. (2003) gaben für die Punktionen des muskuloskelettalen Systems eine diagnostische Genauigkeit von 90% an. Noch höher lagen Torriani et al. (2002) mit Werten um 97%.

In der eigenen Studie wurden Aspirationsnadeln von 19,5-Gauge zur zytologischen Diagnostik verwendet. Gewebeproben zur histologischen Aufarbeitung wurden mit Nadeln der Stärke 9, 15 und 20-Gauge entnommen. Die Abhängigkeit der diagnostischen Trefferquote von Punktionsbesteck und Nadelkaliber war nicht Inhalt dieser Arbeit. Nach Durchsicht der Literatur kann aufgrund o. g. Beispiele und bei einem Anteil nicht erfolgreich durchgeführter Punktionen von 8,1% im eigenen Kollektiv von vergleichbaren Werten für die diagnostische Treffsicherheit ausgegangen werden.

4.9 Komplikationen

Die Beschreibung und Diskussion von Komplikationshäufigkeiten gehört zu jeder Vergleichsarbeit, da das Biopsierisiko ganz entscheidenden Einfluss auf die Indikationsstellung hat. Das Risiko für Komplikationen wird bestimmt von Zugangsweg, Anzahl der Biopsieversuche, Nadeldurchmesser und Punktionstechnik, Vaskularisierungsgrad der zu punktierenden Läsion, Gerinnungsstatus und Kooperation des Patienten (Galanski 1998). Erlemann et al. (1998) führten außerdem die Punktionstechnik und den Erfahrungsgrad des Punkteurs als Einflußgrößen an. Allgemeine Risiken sind Pneumothoraces, Infektionen, Nervenverletzungen, Tumorzellverschleppungen und die Gruppe der vaskulären Komplikationen, die Blutungen und die klinischen Symptome Hämoptyse, Hämatothorax und Luftembolie beinhaltet. Leichte Vorfälle sind Hämothoraces, die keiner Therapie bedürfen, Hämoptysen, Pleuraergüsse, Hämatome oder Einblutungen. Schwere Komplikationen umfassen Pneumothoraces oder Hämothoraces, die einer Drainage

oder chirurgischen Intervention bedürfen, ferner lebensbedrohliche Blutungen und Tumorzellverschleppungen.

Die häufigste Komplikation perkutaner Lungenpunktionen ist der Pneumothorax, der in der Literatur mit einer hohen Varianz von 0 - 61% für die FNAB und 26 - 54% für die STB angegeben wird. Zwischen 3,3% und 15% dieser Fälle benötigten eine Thoraxdrainage (Manhire et al. 2003). Cardella et al. (2003) stellten in ihren Leitlinien als oberen Richtwert eine Quote von 10% auf. Greif et al. (1999) ermittelten eine 23,7%ige Pneumothoraxrate, von denen 13,5% einer Behandlung bedurften. Laut Günther (1992) bewegt sich das Pneumothoraxrisiko in einer Größenordnung von 9 - 41%, von denen jedoch nur 5 - 12% therapiebedürftig sind. Höhere Komplikationen zeigte Golfieri et al. (1998) mit einer Rate von 31%, von denen 30% weiterbehandelt werden mussten. Auf noch höhere Werte von 60% verwies Galanski. Die Therapiebedürftigkeit betrug hier 10%. Kowalewski et al. (2004) ermittelten an 438 durchgeführten CT-gesteuerten Punktionen eine Pneumothoraxrate von 5,0% mit einem drainagebedürftigen Anteil von 3,0%.

Als Risikofaktoren für einen Pneumothorax werden die Nadelgröße, die Länge der Punktionsstrecke durch belüftetes Lungengewebe, strukturelle Lungenerkrankungen, die Größe der Läsion und die Anzahl von Punktionen aus derselben Läsion diskutiert. Die Größe der zu punktierenden Läsion verhalte sich laut Corvey et al. (2004) umgekehrt proportional zum Risiko eines Pneumothorax. Kleinere Läsionen gingen mit einem höheren Pneumothoraxrisiko einher. Tsukada et al. (2000) wiesen einen Anstieg der diagnostischen Genauigkeit mit zunehmender Größe der Läsion nach. Punktionen perihilärer Läsionen tragen ebenfalls durch die verlängerte intrapulmonale Punktionsstrecke ein erhöhtes Risiko für Pneumothoraces.

Geraghty et al. (2003) wiesen in einer Studie an 846 Patienten eine Häufigkeit für einen Pneumothorax bei 18-Gauge Nadeln von 38% gegenüber 23% mit einer 19-Gauge Nadel nach. Auch Van Sonnenberg und Goodacre (2003) ermittelten innerhalb der thorakalen Punktionen ein wesentlich geringeres Risiko, das bei 25-Gauge FNAB unter 10 % lag. Laurent et al. (2000) hingegen wiesen in seiner Studie ein geringeres Risiko bei 19,5-Gauge Stanznadeln gegenüber 20-Gauge bis 22-Gauge Aspirationsnadeln nach. Die Häufigkeit für einen Pneumothorax betrug 15% und 20%. Connor et al. (2000) hingegen bestimmten für 18-Gauge Stanzbiopsienadeln eine Quote von 19% bei einem

therapiebedürftigen Anteil von nur 2,4%. Swischuk et al. (1998) widerlegten anhand 612 Thoraxpunktionen den Zusammenhang von sinkendem Pneumothoraxrisiko und geringerem Nadelkaliber.

Corvey et al. (2004) ermittelte eine Pneumothoraxrate von 23,4% mit einer Interventionsbedürftigkeit von 29,2% in einer Studie von 453 Lungenbiopsien. Die Grösse der Läsion sei ein prädiktiver Wert für die Häufigkeit von Pneumothoraces. Cox et al. (1999) fand ebenfalls ein steigendes Pneumothoraxrisiko bei abnehmender Grösse der zu punktierenden Läsion. Das Risiko für einen Pneumothorax hängt laut Kee-Min et al. (2001) unter anderem von der Lage der Läsion ab und war in dessen Studie für subpleural gelegene Läsionen am höchsten. 71% der Pneumothoraces ereigneten sich in subpleuralen Läsionen von 2 cm oder weniger Tiefe. Erlemann et al. (1998) hingegen gaben an, dass mit einem signifikanten Anstieg des Pneumothoraxrisikos ab einer intrapulmonalen Punktionsstrecke von 2 cm zu rechnen ist.

Manhire et al. (2003) konnten keine gehäufte Komplikationsrate bei mehrfachen Punktion derselben Läsion nachweisen. Auch Swischuk et al. (1998) stellte bei 662 Lungenpunktionen keinen Zusammenhang zwischen Pneumothoraxrate und der Anzahl der Punktionen einer Läsion fest. Kee-Min et al. (2003) konnte keine Häufung des Pneumothoraxrisikos bei Emphysematikern feststellen. Auch Manhire et al. (2003) fanden keine Relation zwischen verminderter FEV1 und dem Vorkommen von Pneumothoraces. Verschiedene Autoren sahen allerdings eine gehäufte Drainagebedürftigkeit von Pneumothoraces innerhalb der Gruppe der obstruktiven Atemwegserkrankungen. Cox et al. (1999) hingegen konnten eine Abhängigkeit des Pneumothoraxrisikos von der Häufigkeit des Vorkommens eines Lungenemphysems nachweisen. Patienten mit Lungenemphysem hatten ein mehr als drei Mal so großes Risiko für einen Pneumothorax wie Patienten mit normaler Lungenfunktion. Die Drainagebedürftigkeit unter den Emphysematikern war ebenfalls dreifach erhöht. Erlemann et al. (1998) verglichen die STB mit der FNAB im Hinblick auf die Therapiebedürftigkeit von Pneumothoraces bei Emphysematikern. Keines der beiden Verfahren wirkte sich günstiger aus. Die hohe Varianz in der Einschätzung des Risikos liegt sowohl an den o.g. Faktoren als auch an den unterschiedlichen Kriterien für die Bewertung eines Pneumothorax sowie möglicherweise an den unterschiedlichen Nachsorgeprotokollen.

Klinisch relevante Blutungen nach CT-gesteuerter Punktion sind selten (Cardella et al. 2003).

Kee-Min et al. (2001) konstatierten eine Blutungshäufigkeit von 25,6% in 117 pulmonalen Punktionen, die sich als Blutung entlang des Stichkanals, intersegmental oder als Hämoptyse darstellten. Keine der genannten Blutungen besaß klinische Relevanz. Hämoptysen werden laut Lucidarme et al. (1998) und Laurent et al. (2000) mit einer Häufigkeit von 4 - 10% beobachtet. Arslan und Yilmaz (2002) wiesen in einem Kollektiv von 316 Punktionen eine Häufigkeit für Hämoptysen von 1,7% nach. Feuerbach et al. (2003) ermittelten eine Blutungshäufigkeit von 35%, von denen über 80% als periläsionale Blutungen ohne klinische Symptome blieben. Hämoptysen wurden in 15% der Blutungsfälle registriert. Auch hier bestand keine klinische Relevanz. Connor et al. (2000) registrierten in 3,8% thorakaler Punktionen moderate Hämoptysen, die entweder weniger als 30 ml maßen oder weniger als drei mal auftraten. Kee-Min et al. (2001) berichteten von einer 3-igen Quote für Hämoptysen. Greif et al. (1999) ermittelten für Stanzbiopsien mediastinaler Läsionen eine 1,6%ige Rate an Hämoptysen (30 – 50 ml), die keiner weiteren Therapie bedurften. Cardella et al. (2003) gehen in ihrer Analyse von einer Häufigkeit von 0,5% für Hämoptysen aus. Diese bedürften nur in Ausnahmefällen einer Therapie. Manhire et al. (2003) gaben eine Häufigkeit von 1,5% für Hämatothoraces an. Eine signifikante Hämorrhagie sei selten. Risiken beständen durch Verletzung der Gefäße des Intercostalraumes oder der Arteria oder Vena mammaria interna.

Hämaturie nach Nierenbiopsien tritt ebenfalls auf, ist in den seltensten Fällen jedoch klinisch relevant (Cardella et al. 2003). An 394 durchgeführten Nierenbiopsien mit einer 18-Gauge Stanznadel konnten Eiro et al. (2005) keine relevanten Blutungskomplikationen feststellen. Makrohämaturie trat in 7,4% und wurde routinemäßig beobachtet. Castro et al. (2004) berichteten bei 91 renalen Biopsien in 9,9% der Fälle von einer Makrohämaturie. Transfusionsbedürftige Blutungen wurden in diesem Kollektiv in 3 Fällen beobachtet.

Risikofaktoren für eine erhöhte Blutungsanfälligkeit sind laut Manhire et al. (2003) Urämie, Lebersynthesestörungen, Koagulopathien und Thrombozytopenien sowie pulmonalerarterieller und -venöser Hochdruck. Patienten, die unter oraler Antikoagulation, stehen sollten durchschnittlich 4 Tage vor Punktion auf Heparin umgestellt werden, um den INR auf 1,4 ansteigen zu lassen. Thrombozytenaggregationshemmer haben keinen Einfluss auf das Blutungsrisiko (British Committee for Standards in Haematology 1998). Zur Minimierung

des Blutungsrisikos wird eine routinemäßige Prüfung der Prothrombinzeit (PTT), der aktivierten partiellen Thromboplastinzeit (aPTT) und der Thromboplastinzeit (Quick) sowie der Thrombozyten empfohlen (Manhire et al. 2003).

Lebensbedrohliche Situationen infolge einer Blutung sind selbst bei Punktion großer Gefäße selten, da sich das kleine Punktionsloch in der Gefäßwand spontan selbst verschließt. Lammer und Schreyer (1991) beschrieben das Risiko für tödliche Komplikationen bei der FNAB mit 0,004% und bei der STB mit 0,02%. 32 Blutungen, von denen zehn tödlich verliefen, traten in einem Kollektiv von 9912 Leberpunktionen auf (McGill et al. 1990), die damit deutlich über den o. g. Werten lagen. Drinkovic und Brkljacic (1996) berichteten von zwei Todesfällen infolge Blutungen bei 1750 US-gesteuerten Punktionen. Mansour et al. (2005) beobachteten einen Fall von Myokardinfarkt aufgrund Embolisation der rechten Koronararterie nach CT-gesteuerter perkutaner Lungenpunktion.

Zech et al. (2002) konnten in einer Studie von 63 Stanzbiopsien des Pankreas mit 14, 16 und 18-Gauge Nadeln eine Komplikationsrate von 1,6% ermitteln, die in einer akuten Pankreatitis bestand. Die Rate für eine konsekutive Pankreatitis sind mit einer Häufigkeit von bis zu 3% angegeben (Feuerbach et al. 2003). Die Peritonitis als Komplikation abdomineller Punktionen wird in der Literatur mit einer Häufigkeit von 1,5% angegeben (Cardella et al., 2003). Allgemeine Infektionen nach CT-gesteuerter Punktion seien in 1% der Fälle zu erwarten. Weitere Komplikationen können die Verschleppung von Tumorzellen in den Stichkanal und die Retroperitonealhöhle sein.

Das Risiko für eine Metastasierung aufgrund einer Verschleppung von Tumorzellen aus der punktierten Läsion wird als sehr gering eingestuft. Zwar kommt es bei der Punktion häufiger zu einer Freisetzung von Tumorzellen im Stichkanal, jedoch konnten Kato et al. bei 10264 Feinnadelpunktionen nur einen Fall von Implantationsmetastasen im Stichkanal nach perkutaner Lungenbiopsie nachweisen. Ursächlich kann hier die geringe Anzahl der bei Feinnadelpunktion mobilisierter Tumorzellen sein. Steiner und Fladerer (1991) gaben das Risiko mit 0,008% an. Smith (1991) ermittelte eine Häufigkeit zwischen 0,003% und 0,009%. Im Zeitraum von 1992 bis 2000 untersuchten Kosugi et al. (2004) 372 Patienten, die aufgrund eines HCCs oder Pankreas-CAs oder aus therapeutischer Absicht zur perkutanen Ethanolinjektion oder perkutanen Mikrowellenkoagulation punktiert wurden. In 1,6% der Leberpunktionen und 1,4% der Pankreaspunktionen traten Tumorzellverschleppungen in den

Stichkanal auf. In einem Kollektiv von 4365 Patienten, die sich im Zeitraum von 1990 bis 2001 einer pulmonalen CT-gesteuerten Punktion unterzogen, traten 8 Fälle von Impfmastasen in der Thoraxwand auf. Die vaskulär bedingte Tumorausbreitung hingegen konnte bisher wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden (Günther 1992). Andere Autoren gehen von einem erhöhten Risiko von Impfmastasen in gut durchbluteten Tumoren wie dem HCC oder NCC aus (Galanski, 1998). Jourdan und Stubbs (1996) forderten daher, bei operablen Leberläsionen eine US- oder CT-gesteuerte Punktion präoperativ abzulehnen.

Mortalitätsraten der perkutanen Biopsie scheinen sich in den letzten 25 Jahren nicht wesentlich geändert zu haben. Sinner (1979) dokumentierten unter 5300 Biopsien keine Todesfälle, nahmen aber eine Mortalität von 0,07% an. Berquist et al. (1980) berichteten von 2 Todesfällen unter 430 perkutanen Biopsien (0,47%). In einer Multicenterstudie ermittelten Richardson et al. (2002) eine Mortalität von 0,15%. Smith (1991) fand in seiner Recherche Angaben von 0,031% bis 0,06%. Blutungskomplikationen können in Ausnahmen zu akuter massiver Hämoptysis führen oder einen ausgedehnten Hämatothorax und intrapulmonale Blutungen nach sich ziehen. Selten sind dagegen Luftembolien der venösen Lungenstrombahn mit nachfolgenden Embolisationen der cerebralen oder cardialen Zirkulation (Kodama et al., 1998). Blutungskomplikationen nach Leberpunktionen machten den größten Anteil tödlich verlaufener Punktionen aus; von 33 berichteten Todesfällen waren 21 nach perkutaner Leberpunktion aufgetreten (Smith 1991).

Im eigenen Kollektiv traten bei 356 Punktionen insgesamt 31 Komplikationen (8,7%) auf. 27 Komplikationen (87%) traten bei den 175 Thoraxpunktionen auf, bei denen es sich jeweils um leichte Komplikationen handelte. Davon waren 15 Fälle (55,5%) Pneumothoraces ohne notwendige Weiterbehandlung. Bei 4 Patienten (12,9%) musste ein Pneumothorax nachbehandelt werden.. Die restlichen 6 Komplikationen ereigneten sich bei Punktionen des Abdomens und besaßen keine klinische Relevanz. Im Vergleich zu den Angaben anderer Autoren lagen diese Werte an der untersten Grenze der Komplikationshäufigkeiten.

5 Stellenwert der CT-gesteuerten Punktion

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Standortbestimmung der CT-gesteuerten Punktion im Hinblick auf die therapeutischen Konsequenzen, die sich mit der zytologischen oder histologischen Aufarbeitung des entnommenen Gewebes für den Patienten ergeben. Schwarzenberg et al. (1996) beschrieben den hohen Stellenwert der Punktion für suspekter Lungenrundherde zur Planung der weiteren Therapie aufgrund des zytologischen oder histologischen Punktionsbefundes. Günther (1992) begründeten die Notwendigkeit der Materialentnahme aus fokalen Lungenläsionen damit, dass diese bis zum Beweis des Gegenteils als malignomverdächtig gelten. Lungenmetastasen lassen aufgrund fehlender pathogmonischer Befunde keine eindeutige differentialdiagnostische Abgrenzung zu anderen – auch benignen – Lungenrundherden zu. In der CT kommen sie meist als multiple und bilaterale, scharf begrenzte weichteildichte Läsionen mit basal oder peripher betonter Lokalisation zur Darstellung (Diederich 2004).

Im Hinblick auf die stetige Weiterentwicklung differenzierter Therapiemöglichkeiten von Tumorerkrankungen kommt der CT-gesteuerten Punktion wegen ihres hohen diagnostischen Nutzens eine tragende Rolle im Management dieser Erkrankungen zu. Insbesondere wenn andere Verfahren keine geeignete Option zur Ermittlung der Diagnose darstellen (Yung, 2003). Schwarzenberg et al. (1996) führten die Reduzierung operativer Eingriffe aufgrund der perkutanen Biopsie an und konnten während eines Beobachtungszeitraumes von 22 Monaten bei einem Kollektiv von 190 Patienten nachweisen, dass in 22,5% der Fälle keine weiteren Maßnahmen oder nur Verlaufsbeobachtungen erforderlich waren. Somit zeigte sich zum einen ein hoher Teil nachweislich benigner und somit nicht therapiebedürftiger Gewebeveränderungen und zum anderen die Bestätigung der bestehenden Diagnose bei bekanntem Tumorleiden, die keine Therapieänderung erforderlich machte. Eine operative Therapie mit kurativer oder palliativer Intention war in nur 16% der Fälle angezeigt. Von 83 suspekten Lungenbefunden wurden nach Punktion nur 11 Patienten (13,3%) einer Operation zugeführt. Gerade am Beispiel des kleinzelligen und nicht-kleinzelligen Bronchialkarzinoms lässt sich die Notwendigkeit einer zuverlässigen Gewebeanalyse veranschaulichen, da Kleinzeller (SCLC) im Gegensatz zu nicht-kleinzelligen Bronchialkarzinomen (NSCLC) vornehmlich konservativ therapiert werden. Tommes et al. (1983) wiesen unter 955 durch Thorakotomie resezierten Lungenrundherden einen Anteil benigner Läsionen von 50% nach. Die Mortalität einer Lobektomie wird mit 2 - 3% angegeben (Pagni et al. 1997). Die Morbidität ist aufgrund reduzierter Lungenfunktion ebenfalls signifikant erhöht (Gebitekin et al. 1993). Balestreri et al. (2005) untersuchten die diagnostische Wertigkeit biotisch

entnommenen Materials bei 137 Patienten mit malignen Lymphomen. In 86,9% der Fälle konnte eine einmalige Punktion eine Diagnose liefern. Von 19 Fehlpunktionen war die Wiederholung in 7 Fällen erfolgreich. Nur 12 Patienten mussten sich der risikoreicheren operativen Gewebeentnahme unterziehen. Die differentialdiagnostischen Aussagen nach CT-gesteuerter Punktion haben laut Westcott et al. (1997) die diagnostische Operation benigner Läsionen um bis zu 50% reduziert. Die CT-gesteuerte Punktion mit Werten für Sensitivität, Spezifität sowie diagnostischer Trefferquote um jeweils 90% ist daher ein geeignetes Verfahren, invasivere Methoden aufgrund differenzierter diagnostischer und therapeutischer Planungsmöglichkeiten zu vermeiden

Zwischenberger et al. (2002) führten einen Vergleich zwischen CT-gesteuerter perkutaner Biopsie und Mediastinoskopie in Bezug auf deren Wertigkeit zum Staging von Bronchialkarzinomen anhand entnommener mediastinaler Lymphknoten. In 78% der durchgeführten Punktionen konnte eine definitive Diagnose gestellt werden. Greif et al. (1999) erreichten in 88,6% eine suffiziente Materialausbeute, anhand derer in 91,9% eine histologische Differenzierung möglich war. Pathologische Lymphknoten können ab einer Größe von 0,5 cm aus allen Bereichen des Mediastinums mit einer diagnostischen Genauigkeit bis 90% subklassifiziert werden. Auch Lymphknoten von 0,3 cm Größe sind erfolgreich punktiert worden (Zwischenberger et al. 2002). Die Autoren forderten daher, die Mediastinoskopie nur nach erfolgloser Punktion anzuwenden. Die Mediastinoskopie erreicht eine der Punktion vergleichbare diagnostische Trefferquote, jedoch ist das Verfahren in seiner Anwendbarkeit limitiert, da nicht alle Lymphknotenstationen hierdurch erreicht werden können. Retrotracheale, paraaortale, paraösophageale Lymphknoten sowie Lymphknoten des aortopulmonalen Fensters sind der Mediastinoskopie nicht zugänglich. Zwischenberger et al. (2002) verglichen die Erreichbarkeit mediastinaler Lymphknoten durch CT-gesteuerte Punktion mit der der Mediastinoskopie und fanden die in der untenstehenden Tabelle zusammengefassten Unterschiede.

Tabelle 5 : Erreichbarkeit mediastinaler Lymphknoten durch FNB und Mediastinoskopie
(Zwischenberger et al. 2002, S. 1167)

Lymph Node Region	Accessible by		Accessible by	
	Transthoracic FNA	Accessible by Mediastinoscopy	Transbronchial FNA	Accessible by EUS FNA
Superior mediastinum				
Highest mediastinal	Yes	Yes	No	No
Paratracheal	Yes	Yes	Yes	No
Prevascular	Yes	Yes	Yes	No
retrotracheal	Yes	No	No	Yes
Lower paratracheal	Yes	Yes	Yes	No
Aortic				
Aorticopulmonary window				
	Difficult	Difficult	No	Difficult
Para-aortic	Yes	No	No	No
Inferior mediastinal				
Subcarinal	Yes	Yes	Yes	Yes
Paraesophageal	Yes	No	No	Yes
Pulmonary ligament	Yes	No	No	Yes
N1 nodes				
Hilar	Yes	Yes	Yes	Difficult
Interlobar	Yes	No	Yes	No
Lobar	Yes	No	Yes	No
Segmental	Yes	No	Difficult	No
Subsegmental	Yes	No	Difficult	No

Die gesamte Komplikationsrate der Mediastinoskopie wird mit 1 - 3% angegeben und liegt damit unter der beschriebenen Quote perkutaner thorakaler Punktionen. Gegenüber der Punktion, deren hauptsächliches Komplikationsrisiko der behandlungsbedürftige Pneumothorax darstellt, birgt die invasivere Methode der Mediastinoskopie erheblich schwerwiegendere Komplikationen (Zwischenberger et al. 2002). Blutungsrisiken durch Verletzung der Aorta, Vena cava inferior, Arteria oder Vena pulmonalis sowie Perforationen des Ösophagus, Verletzungen des N. phrenicus, Pneumothorax und in seltenen Fällen die Ruptur des Perikards (Cybulsky und Bennett 1994, Hammoud et al. 1999) sowie supraventrikuläre überwachungspflichtige Arrhythmien wurden beschrieben (Puhakka 1998). Einige Autoren berichten, dass die Komplikationen der Mediastinoskopie in Kollektiven älterer Patienten mit langjährigem Nikotinabusus auftraten (Cybulsky und Bennett 1994), welche einen großen Anteil des sich einem Stagings unterziehenden Patientengutes ausmacht. Auch andere invasive Verfahren sind bezüglich der Komplikationen der CT-gesteuerten Punktion unterlegen. Hayes-Jordan et al. (2003) wiesen in einer Vergleichsstudie zwischen Thoraskopie und perkutaner Lungenbiopsy eine Komplikationsquote von 18% bei der Thorakoskopie, verbunden mit einer durchschnittlichen Liegedauer regulärer Interventionen von 3 Tagen, nach.

Hammoud et al. (1999) untersuchten ein Kollektiv von 2137 Patienten, die sich einer Mediastinoskopie unterzogen. Von 1745 vermuteten oder bereits durch Bildgebung diagnostizierten Lungentumoren wurde nach Mediastinoskopie in nur 28 Fällen (1,6%) eine Resektion durchgeführt. Bei 1323 Patienten wurde durch die Mediastinoskopie kein Nachweis einer malignen Erkrankung gefunden, von denen jedoch 947 Patienten ein Bronchialkarzinom aufwiesen (71%). Weitere 262 Patienten (19,8%) der Gruppe ohne Malignitätsnachweis wurden operiert, von denen 217 Patienten (82%) postoperativ einen benignen Befund aufwiesen. Zwischenberger et al. (2002) fordert daher, eine Mediastinoskopie nur dann anzuwenden, wenn vergrößerte Lymphknoten weniger invasiven Untersuchungsmethoden unzugänglich sind, oder wenn eine Pneumektomie zur Entfernung mikroskopischer karzinomverdächtiger N2- und N3- Lymphknoten geplant ist, da diese gegenüber der Lobektomie ein signifikant erhöhtes Risiko darstellt.

Ein weiterer Vorteil der CT-gesteuerten Punktion gegenüber anderen Verfahren ist neben der geringen Komplikationsrate die Möglichkeit, nahezu alle in der Bildgebung auffälligen Strukturen mit hoher diagnostischer Aussagekraft punktieren zu können. Kleine Läsionen des Thorax, die hilusnahe liegen, ebenso wie periphere Raumforderungen werden mittels CT-

gesteuerter Punktion erreicht, während die Bronchoskopie als häufig eingesetztes Verfahren ihren Schwerpunkt in der Entnahme hilusnaher Läsionen hat und periphere Läsionen nicht erreichen kann (Manhire et al. 2003).

6 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden retrospektiven Untersuchung war die Beurteilung der CT-gesteuerten Punktion unter Berücksichtigung der Indikation, Trefferquote, des Komplikationsrisikos und der diagnostischen Aussagekraft.

Für die Durchführung einer Gewebeentnahme besteht durch die Notwendigkeit der Abklärung unklarer Läsionen eine breite Indikation. Mit der technischen Entwicklung der bildgebenden Diagnostik und der Biopsiesysteme ging ein Anstieg der suffizienten Gewebeentnahmen bei geringem Komplikationsrisiko einher. Es konnte in 93 % der thorakalen Punktionen eine suffiziente Gewebeprobe gewonnen werden. Bei den Punktionen des Abdomens und des Retroperitoneums war die Punktion in 90 % bzw. 89 % erfolgreich.

Die Komplikationsrate war mit 8,7 % sehr gering. In 80,6 % der Fälle handelte es sich um Biopsien des Thorax, wobei der nicht behandlungsbedürftige Pneumothorax die häufigste Komplikation darstellte. Therapiebedürftig waren 4 Patienten (1,2 %). Schwere Komplikationen traten praktisch nicht auf.

Durch genaue Typisierung in der immunhistochemischen Aufarbeitung des gewonnenen Materials lassen sich differenzierte konservative Therapiestrategien in der Behandlung von Tumorerkrankungen durchführen. Auch die operative Therapie maligner Läsionen setzt zur Planung der Operationsstrategie die Kenntnis des Tumortyps und seines Malignitätsgrades voraus. Bei Werten um jeweils 90 % für Sensitivität, Spezifität sowie diagnostische Treffsicherheit sind andere Verfahren wie die Mediastinoskopie oder Laparotomie in den Hintergrund getreten und nur noch in besonderen Fällen notwendig.

Die eigenen Untersuchungsergebnisse belegen ein hohes Maß an Treffsicherheit bei geringem Komplikationsrisiko für die CT-gesteuerte Biopsie im Vergleich zu anderen Verfahren wie Bronchoskopie, Mediastinoskopie oder Laparotomie. Aufgrund der diagnostischen Aussagekraft stellt die CT-gesteuerte Biopsie ein sicheres und anerkanntes Verfahren zur histologischen und zytologischen Materialgewinnung dar.

7 Literaturverzeichnis

Anderson JM, Murchinson J, Patel D (2003) :

CT-guided lung biopsy: Factors influencing diagnostic yield and complication rate
Clin Radiol 58:791-7

Angiomed, Karlsruhe, 2003

www.angiomed.com

Arslan S, Yilmaz A (2002) :

CT-guided transthoracic fine needle aspiration of pulmonary lesions: accuracy and complications in 294 patients
Med Sci Monit 8:493-7

Baker HW (1986) :

Classics in oncology : Biopsy by needle puncture and aspiration By Hayes E Martin and Edward B Ellis 1930
CA Cancer J Clin 36:71-82

Balestreri L, Morassut S, Bernardi D (2005) :

Efficacy of CT-guided percutaneous needle biopsy in the diagnosis of malignant lymphoma at first presentation
Clin Imaging 29:123-7

Bauer AW (2004) :

„ ... impossible to find something specific in it“ Rudolf Virchow and tumor pathology
Medizinhist J 39:3-26

- Berquist TH, Bailey PB, Cortese DA (1980) :
Transthoracic needle biopsy: accuracy and complications in relation to location and type of lesion
Mayo Clin Proc 55:475–81
- Bolter S, Roeren T, Egger C (2000) :
CT- and ultrasound-guided biopsies : prospective comparison of fine needle aspiration with true-cut biopsy in 103 patients
Rofo 172:448-61
- British Committee for Standards in Haematology (1998) :
Guidelines on oral anticoagulation: third edition
Br J Haematol 101:374–87
- Cardella JF, Curtis WB, Raymond RB (2003) :
Quality improvement guidelines for image-guided percutaneous biopsy in adults
J Vasc Interv Radiol 14:227-30
- Castro R, Sewueira MJ, Sameiro Daria M, Belmira A, Sampaio S (2004) :
Percutaneous kidney biopsy: eight years-experience
Acta Med Port 17:20-6
- Connor S, Dyer J, Guest P (2000) :
Image-guided automated needle biopsy of 106 thoracic lesions: a retrospective review of diagnostic accuracy and complication rates
Eur Radiol 10:490-4
- Constantinos T, Schubert J, Brown T (2004) :
CT-guided transvenous or transcaval needle biopsy of pancreatic or peripancreatic lesions
J Vasc Interv Radiol 15:1099-1104
- Corvey A, Gandhi R, Brody L (2004) :

Factors associated with pneumothorax and pneumothorax requiring treatment after percutaneous lung biopsy in 443 consecutive patients

J Vasc Interv Radiol 15:479-483

Cox JE, Chiles C, McManus CM (1999) :

Transthoracic needle aspiration biopsy:variables that affect risk of pneumothorax

Radiology 1999 212:165-8

Cybulsky IJ, Bennett WF (1994) :

Mediastinoscopy as a routine outpatient procedure

Ann Thorac Surg 1994 58:176-8

Depuy DE, Rosenberg AE, Punyaratabandhu T (1998) :

Accuracy of CT-guided needle biopsy of musculoskeletal neoplasms

Am J Roentgenol 117:759-62

Diederich S (2004) :

Bildgebende Diagnose und Differentialdiagnose von Lungenmetastasen

Der Radiologe 44:663-670

Di Strasi, Lencioni R, Solmi L (1998) :

Ultrasound-guided fine needle biopsy of pancreatic masses:results of a multicenter study

Am J Gastroent 93:1329-1333

Drinkovic I, Brkljacic B (1996) :

Two cases of lethal complications following ultrasound-guided percutaneous fine-needle biopsy of the liver

Cardiovasc Intervent Radiol 19:360-363

Duda SH, Johst U, Krahmer K, Pereira P, König C (2001) :

Techniques and results of CT-guided percutaneous bone biopsy

Orthopaede 30:545-50

Dyusburgh I, Michielsen P, Fierens H (1997) :

Fine-needle trucut biopsy of focal liver lesions: a new technique
Dig Dis Sci 42:2077-81

Eiro M, Kattoh T, Watanabe T (2005) :
Risk factors for bleeding complications in percutaneous renal biopsy
Clin Exp Nephrol 9:40-5

Erlemann R, Zimmerschied A, Gilger F, Schröder M (1998) :
Stanzbiopsie oder Feinnadelaspirationsbiopsie bei der perkutanen Lungenpunktion?
Radiologe 38:126-134

Eshed I, S Elias (2004) :
Diagnostic value of CT-guided biopsy of indeterminate renal masses
Clin Radiol 59:262-7

Feuerbach S, Schreyer A, Schlottmann K :
Standards radiologisch bildgesteuerter Biopsien
In : pulmonale und kardiovaskuläre Radiologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York 2003 : 3:207-224

Franca AV, Valerio HM, Trevisan M (2003) :
Fine-needle aspiration biopsy for improving the diagnostic accuracy of cut needle biopsy of
focalliver lesions
Acta Cytol 47:332-6

Galanski M :
CT gesteuerte Interventionen
In: Galanski M, Prokop M, HRSG Ganzkörper-Computertomographie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1998: 63-72

Gebitekin C, Gupta NK, Martin PG, (1993) :
Long term results in the elderly following pulmonary resection for non-small cell lung cancer
Eur J Cardiothorac Surg 7:653-6

Geraghty PR, Kee ST, Mc Farlane G, Razavi MK, Sze DY, Dake MD (2003) :
CT-guided transthoracic needle aspiration biopsy of pulmonary nodules:needle size and
pneumothorax rate
Radiology 229:475-81

Golfieri R, Sbrozzi F, de Santis F, Giampalma E, Cavina M, d'Arienzo P (1998) :
Clinical role of ct-guided transthoracic needle biopsy in the diagnosis of solitary pulmonary
nodules.
Radiol Med Torino 94: 329-337

Greif J, Marmur S, Schwarz Y, Man A, Staroselsky AN (1999) :
Percutaneous cor cutting needle biopsy compared with fine-needle aspiration in the diagnosis
of peripheral lung malignant lesions: results in 156 patients
Cancer 84:144-147

Günther, RW (1992) :
Transthorakale Lungenbiopsie
Rofo 157:437-438, 608

Guo Z, Kurtycz DF, De Las Casas LE (2001) :
Radiologically guided percutaneous fine-needle aspiration biopsy of pelvic and
retroperitoneal masses:a retrospective study of 68 cases
Diagn Cytopathol 25:43:9

Gupta RK, Cheung YK, AlAnsari AG (2003) :
Value of image-guided needle aspiration cytology in the assessment of pelvic and
retroperitoneal masses A study of 112 cases
Acta Cytol 47:393-8

Haage P, Pieroth W, Staatz G (1999) :
VT-guided percutaneous biopsies for the classification of focal liver lesions:a comparison
between 14 G and 18 G puncture biopsy needles
Rofo 171:44-8

Hammoud ZT, Anderson RC, Meyers BF (1999) :

The current role of mediastinoscopy in the evaluation of thoracic disease

J Thorac Cardiovasc Surg 118:894-9

Haramati LB, Austin JH M (1991) :

Complications after CT-guided needle biopsy through aerated versus non-aerated lung

Radiology 181:778

Hayes-Jordan A, Conolly B, Temple M (2003) :

Image-guided percutaneous approach is superior to the transthoracic approach in the diagnosis of pulmonary nodules in children

J Pediatr Surg 38:745-8

Huang Z, Zhang X, Wang W (2002) :

CT-guided percutaneous transthoracic aspiration biopsy of chest lesions : factors influencing the diagnostic accuracy

Zhonghua Yi Xue Za Zhi 25:1525-8

Issakov J, Flusser G, Kollender Y, Merimsky O, Lifschitz-Mercer B, Meller I (2003) :

Computed tomography-guided core needle biopsy for bone and soft tissue tumors

Isr Med Assoc J 5:28-30

Jourdan JL, Stubbs RS (1996) :

Percutaneous biopsy of operable liver lesions: is it necessary or advisable?

NZ Med J 109:469-470

Kato H, C Konaka, J Ono, M Takahashi, Y Hayata :

Cytology of the lung. Techniques and Interpretation

Igaku-Shoin, Tokyo-New York 1983 : 29-37

Kee-Min Yeow, Lai-Chu See, Kar-Wai Lui (2001) :

Risk factors for pneumothorax and bleeding after percutaneous ct-guided coaxial cutting needle biopsy of lung lesions

J Vasc Interv Radiol 12:1305-1312

Kee-Min Yeow, Pei-Kwei Tsay, PhD, Yun-Chung Cheung (2003) :

Factors affecting diagnostic accuracy of CT-guided coaxial cutting needle lung biopsy:
retrospective analysis of 631 procedures

J Vasc Interv Radiol 14:581-588

Klein JS, Zarka MA (1997) :

Transthoracic needle biopsy: an overview

J Thorac Imaging 12:232-49

Knopfle E, Bohndorf K, Wagner T (1997) :

Does the core biopsy of solid liver lesions permit an exact histological classification ? Results
of a prospective study under routine clinical conditions

Rofo 167:406-11

Kodama F, Ogawa T, Tanabe Y. (1998) :

Usefulness of ct-guided aspiration biopsy in combination with rapid cytology for diagnosis of
benign pulmonary lesions.

Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi 58: 745-750

Kosugi C, Furuse J, Ishii H, Maru Y (2004) :

Needle tract implantation of hepatocellular carcinoma and pancreatic carcinoma after
ultrasound-guided percutaneous puncture: clinical and pathologic characteristics and the
treatment of needle tract implantation

World J Surg 28:29-32

Kowalewski J, Sir J, Dancewicz M (2004) :

Fine-needle aspiration biopsy under CT-guidance – usefulness in diagnostic of lung tumors
Pneumonol Allergol Pol 72:177-80

Krupski G, Buggisch P, Koops A (2003) :

Transjugular liver biopsy: trucut or spiration biopsy with modified Ross needles ?

Rofo 175:258-61

Larghi A, Verna EC, Stavropoulos SN (2004) :

EUS-guided trucut needle biopsies in patients with solid poabcreatic masses:a prospective study

Gastrointest Endosc 59:185-90

Laurent F, Latrabe V, Vergrier B, Michel P (2000) :

Percutaneous CT-guided biopsy of the lung:comparison between aspiration and automated cutting needles using a coaxial technique

Cardiovasc Intervent Radiol 23:266-269

Libicher M, Noldge G, Radeleff B (2002) :

Value of CT-guided biopsy in malignant lymphoma

Radiologe 42:1009-12

Lopez-Rios F, Perez-Barrios A, Alberti N, Vargas J, Lozano F, de Augustin P (2002) :

Fine-needle aspiration biopsy of the retroperitoneum: a series of 111 cases not including specific organs

Diagn Cytopathol 27:85-9

Lucidarme O, Hovarth M, Finet JF (1998) :

Intrapulmonary lesions:percutaneous automated biopsy with a detechable 18-Gauge, coaxial cutting needle

Radiology 207:759-765

Manhire A, Chairman M, Charig C, Clelland F, Gleeson R, Miller H (2003) :

Guidelines for radiologically guided lung Biopsy

Thorax 58:920-936

Mansour A, AbelRaouf S, Quandeel M, Swaidan M (2005) :

Acute coronary air embolism following CT-guided lung biopsy

Cardiovasc Intervent Radiol 28:131-4

McGill DB, Rakela J, Zinsmeister AR (1990) :

21-year experience with major haemorrhage after percutaneous biopsy
Gastroenterology 99:1396-1400

MD Tech, Inc.
Gainesville, Fl. USA
www.medicaldeviceonline.com (2003)

Michielsen PP, Duysburgh IK, Francque SM (1998) :
Ultrasonically guided fine needle puncture of focal liver lesions Review and personal
experience
Acta Gastroenterol Belg 62 :158-63

Mignon F, Mesourolle B, Ariche-Cohen M, Vanel D (2001) :
Value od CT-guided renal biopssies:retrospective review of 67 cases
J Radiolog 82:907-11

Montaudon M, Latrabe V, Pariente A (2004) :
Factors influencing accuracy of CT-guided percutaneous biopsies of pulmonary lesions
Eur Radiol 14:1234-40

Moore EH (1998) :
Technical aspects of needle aspiration biopsy: a personal perspective
Radiology 208:303–18

Pagni S, Fredrico JA, Ponn RB (1997) :
Pulmonary resection for lung cancer in octogenarians
Ann Thorac Surg 63:785–9

Papin TA, Lynch JP, Weg JG (1985) :
Transbronchial biopsy in the thrombocytopenic patient
Chest 85:549–52

Patz EF, Fidler J, Knelson M (1995) :

Significance of percutaneous needle biopsy in patients with multiple pulmonary nodules and a single known primary malignancy

Chest 107:601-4

Paulsen SD, Nghiem HV, Korobkin M (2004) :

Changing role of imag-guided percutaneous biopsy of adrenal masses:evaluation of 50 renal biopsies

AJR Am J Roentgenol 182:1033-7

Puhakka HJ (1998) :

Complications of mediastinoscopy

J Laryngol Otol 103:312-5

Richardson CM, Pointon KS, Manhire A (2002) :

Percutaneous lung biopsies: a survey of UK practice based on 5444 biopsies

Br J Radiol 75:731-5

Richter F, Kasabian NG, Irwin RJ (2000) :

Accuracy of diagnoses by guided biopsy of renal mass lesions classified indeterminate by innage studies

Urology 55:348-52

Rotte KH (1995) :

CT-gestützte Nadelbiopsie bei pulmonalen und mediastinalen Raumforderungen Der Einfluß der Spiral CT und unterschiedlicher Biopsienadeln auf die Ergebnisse

Aktuelle Radiol 5:136-139

Schwarzenberg H, Müller-Hülsbeck St, Link J (1996) :

CT-Punktionen:Diagnostische Bedeutung, therapeutische Konsequenz und ökonomische Aspekte

Aktuelle Radiol 6:1-6

Seitz JF, Giovanni M, Monges G (1990) :

Comparative study of fine needle aspiration and large caliber needle biopsy under echographic control for the diagnosis of abdominal tumors

Gastroenterol Clin Biol 14:529-33

Shaham D (2000) :

Semi-invasive and invasive procedures for the diagnosis and staging of lung cancer

Radiol Clin North Am 38:525-34

Shin HJ, Lahoti S, Sneige N (2002) :

Endoscopic ultrasound fine-needle aspiration in 179 cases:the MD Anderson Cancer Centre experience

Cancer 25:174-80

Sinner WN (1979) :

Complications of percutaneous thoracic needle aspiration biopsy

Acta Radiol Diagn 43:1533-1540

Sklair-Levi M, Bloom AI, Sherman Y (1997) :

CT-guided core needle biopsy of abdominal, pelvic and retroperitoneal masses

Harefuah 132:318-23

Smith EH (1991) :

Complications of percutaneous fine-needle biopsy Review

Radiology 178:253-8

Sofocleous CT, Schubert J, Brown KT (2004) :

Ultrasound-guided transvenous or transcaval needle biopsy of pancreatic and peripancreatic lesions

J Vasc Interv Radiol 15:1099-104

Staroselsky AN, Schwarz Y, Man A (1998) :

Additional information from percutaneous cutting needle biopsy following fine needle aspiration in the diagnosis of chest lesions

Chest 113:1522-5

Steiner H, Fladerer H :

Perkutane Biopsien

In: Lammer J, Schreyer H, HRSG Praxis der Interventionellen Radiologie

Hippokrates Verlag, Stuttgart: 1991: 251-281

Stewart CJ, Coldewey J, Stewart IS (2002) :

Comparison of fine-needle aspiration biopsy cytology and needle core biopsy in the diagnosis of radiologically detected abdominal lesions

J Clin Pathol 55:93-7

Swischuk JL, Castadena F, Patel JC, Li R, Fraser KW (1998) :

Percutaneous transthoracic needle biopsy of the lung:review of 612 lesions

J Vasc Interv Radiol 9:347-52

Tommes H, Deophendal H, Manke G (1983) :

The coin lesion of the lung A review of 955 resected lung lesions

Cancer 51:534-537

Torriani M, Etchebehere M, Amstalden E (2002) :

Sonographically-guided core needle biopsy of bone and soft tissue tumors

J Ultrasound Med 21:275-81

Tsukada, Hiroshi, Satou, Toshiteru, Iwashima, Akira, Souma, Takahiro (2000) :

Diagnostic Accuracy of CT-Guided Automated Needle Biopsy of Lung Nodules

Am J Roentgenol 175:239-243

Turk JL (1995) :

Sir James Paget and his contributions to pathology

Int J Exp Pathol 76:449-56

Van Sonnenberg E, Goodacre BW (2003) :

Image-guided 25-Gauge needle biopsy for thoracic lesions:diagnostic feasibility and safety

Radiology 227:414-8

Welker JA, Henshaw RM, Jelinek J (2000) :

The percutaneous needle biopsy is safe and recommended in the diagnosis of musculoskeletal masses

Cancer 15:2677-86

Westcott JL, Colley NR, Colley DP (1997) :

Transthoracic needle biopsy of small pulmonary nodules

Radiology 202:97-103

Wutke R, Schmid A, Fellner F (2001) :

CT-guided percutaneous core biopsy: Effective accuracy, diagnostic utility and effective costs

Rofo 173:1025-33

Yankelevitz DF, Vazquez M, Henschke CI (2000) :

Special techniques in transthoracic needle biopsy of pulmonary nodules

Radiol Clin North Am 38:267-79

Yung RC (2003) :

Tissue diagnosis of suspected lung cancer: selection between bronchoscopy, transthoracic needle aspiration and resectional biopsy

Respir Care Clin N Am 9:57-76

Zech CJ, Helmberger T, Wichmann MW (2002) :

Large core biopsy of the pancreas under CT-fluoroscopy control: results and complications

J Comput Assist Tomogr 26:743-9

Zwischenberger JB, Savage C, Alpard SK, Anderson CM (2002) :

Mediastinal transthoracic needle and core lymph node biopsy: should it replace mediastinoscopy

Chest 121:1165-70

Herrn Prof. Dr. med. M. Funke danke ich herzlich für die Überlassung des Themas.

Herrn Prof. Dr. med. H.-J. Radzun gebührt mein Dank für seine Genehmigung zur
Einsichtnahme in histopathologische Befunde des Pathologischen Instituts der Universität
Göttingen.

Lebenslauf :

Am 29.01.1973 wurde ich als Sohn des Arztes Dr. Herbert Beckmann und der Gymnasiallehrerin Theresia Beckmann, geb. Barth, in Hameln geboren. Von 1979 bis 1983 besuchte ich die Grundschule in Haverbeck und anschließend von 1983 bis 1985 die Orientierungsstufe West in Hameln. Mein Abitur am Viktoria-Luise-Gymnasium legte ich 1993 ab.

Nach meinem Wehrdienst von 1993 bis 1994 an der Offiziersschule des Heeres in Hannover nahm ich das Studium der Humanmedizin an der Georg-August-Universität in Göttingen auf. Nach dem Physiikum 1998, dem 1. Staatsexamen 1999 und dem 2. Staatsexamen 2002 absolvierte ich das Tertial Innere Medizin des Praktischen Jahres am Krankenhaus Links der Weser in Bremen. Danach wechselte ich an das Universitätsspital Bern in die Abteilung Thorax- und Gefäßchirurgie und anschließend an das Diakoniekrankenhaus Bremen in die Abteilung Orthopädie.

Im Frühjahr 2003 legte ich mein Staatsexamen in Bremen ab und arbeitete anschließend bis August 2004 als Arzt im Praktikum in der Abteilung Chirurgie des Rot-Kreuz-Krankenhauses Bremen. Für meine Ausbildung zum Facharzt für Innere Medizin ging ich im September 2004 an das DRK-Krankenhaus in Neuwied und im Juli 2005 an das St-Josef-Krankenhaus in Moers.