

Diplomarbeit

**CT-gezielte diagnostische Punktionen:
Feinnadelaspirationszytologie und Stanzbiopsie**

eingereicht von

Martin Fauster

Mat.Nr.: 0212114

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Universitätsklinik für Radiologie

unter der Anleitung von

Ao. Univ.-Prof. Dr. Helmut Schöllnast

Graz, Dezember 2008

(Unterschrift)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwende habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Unterschrift

Danksagungen

An erster Stelle möchte ich mich bei Prof. Dr. Helmut Schöllnast für die freundliche und unkomplizierte Betreuung, die sorgfältige Begutachtung sowie die Bereitstellung von Daten und Fachliteratur bedanken.

Spezieller Dank gebührt darüber hinaus meinen Eltern, die mir mit ihrer Unterstützung nicht nur mein Studium ermöglicht, sondern auch mit Geduld und zeitlichem Aufwand bei der Erstellung dieser Arbeit zur Seite gestanden sind.

Zusammenfassung

Einleitung

Die CT-gezielte Punktion stellt eine effektive und sichere Methode zur Abklärung von Herdbefunden in Organen oder vergrößerten Lymphknoten in Thorax, Abdomen und Becken dar. Im Rahmen dieses Eingriffs kann Material sowohl zur zytologischen als auch histologischen Aufarbeitung gewonnen werden. Im Idealfall liefern beide Untersuchungen idente Ergebnisse. Die vorliegende Studie vergleicht beide Methoden auf ihre diagnostische Wertigkeit und die Häufigkeit diskrepanter Befunde. Weiters wird die Kombination beider Verfahren in Hinblick auf Verbesserung der diagnostischen Treffsicherheit und Einfluss auf die Komplikationsrate untersucht.

Material und Methoden

Im Rahmen der Studie wurden die Daten von 394 CT-gezielten Punktionen an 376 Patienten retrospektiv erfasst und ausgewertet. Einbezogen wurden der Durchmesser der punktierten Läsionen, die verwendeten Nadeldicken, aufgetretenen Komplikationen sowie der histologische und der zytologische Befund. Die Ergebnisse der beiden Untersuchungsmethoden wurden gegenübergestellt, verglichen und statistisch ausgewertet. Die Komplikationsraten wurden erfasst und Raten aus ähnlichen Studien verglichen. Die Auswertung der Daten erfolgte getrennt nach den einzelnen Organsystemen sowie von allen Punktionen gemeinsam.

Ergebnisse

Von allen 394 Punktionen kamen die zytologische und die histologische Untersuchung in 241 Befunden (= 61,2 %) zu demselben Ergebnis. In 87 Fällen (= 22,1 %) kam die histologische Untersuchung zu einer spezifischen Diagnose während die zytologische Untersuchung negativ verlief. Umgekehrt verlief die histologische Untersuchung bei positivem zytologischen Befund nur in 7 Fällen (= 1,8 %) negativ. Somit ergab die histologische Untersuchung in 281 von 394 Fällen (= 71,3 %) eine positive, spezifische Diagnose, während der zytologischen

Untersuchung dies nur in 202 Fällen (= 51,3 %) gelang. Zum Auftreten von Komplikationen kam es in 34,3 % der Punktionen.

Diskussion

In der vorliegenden Studie weist die histologische gegenüber der zytologischen Untersuchung höhere Aussagekraft auf, sowohl was einzelne Organe betrifft als auch insgesamt. Die beste diagnostische Ausbeute ergibt die Kombination beider Methoden. Diese führt, wie in einem Vergleich unserer Ergebnisse mit einschlägigen Studien gezeigt werden konnte, zu keiner Zunahme der Komplikationsrate. Die alleinige Anwendung der Feinnadelaspirationszytologie bleibt speziellen Indikationen vorbehalten.

Abstract

Introduction

The CT-guided needle biopsy is a safe and effective technique to establish diagnosis of lesions in organs or suspicious lymph node enlargement in different regions of the body. With this procedure it is possible to obtain material for cytological and histological analysis. Ideally the fine-needle aspiration biopsy and the cutting needle biopsy should provide equal results. The present study compares the diagnostic accuracy of both methods. Another purpose of this study is to find out if the combined use of the fine needle aspiration and the core biopsy improves the diagnostic result and if it increases the complication rate.

Subjects and Methods

This retrospective study presents the data of 394 CT-guided biopsies in 376 patients. The criteria applied are diameter of the target-lesions, the needle-size used, the histological and cytological diagnoses and the complication rate. The results of the two techniques of the CT-guided biopsy are compared and analysed statistically. The complication rate of this study is compared to that of other studies. The interpretation of the data is made separately for each organ system and all together for every diagnostic biopsy.

Results

Of the 394 procedures the result of the histological and cytological analysis was the same in 241 cases (= 61.2 %). In 87 patients (= 22.1 %) the histological technique produced a positive result while the cytological analysis was negative. On the other hand the histological diagnosis was only negative in seven cases (= 1.8 %) of positive cytological results. Hence the histological analysis produced a positive result in 281 of the 394 cases (= 71.3 %) while the cytological method only could do so in 202 of the 394 patients (=51.3 %). Complications occurred in 34.3 % of the procedures.

Discussion

According to our findings the core biopsy has a higher diagnostic accuracy compared to the fine needle aspiration biopsy. The best diagnostic result however can be obtained by combining the two techniques. Furthermore the complication rate in our study was not higher in comparison to other studies that used only one of the two methods. Because of the lower rate of diagnostic yield the exclusive use of the fine needle biopsy should be reserved for special indications.

Inhalt

Danksagungen	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract	v
1 Allgemeiner Teil.....	9
1.1 Rechtlicher Teil.....	9
1.1.1 Strahlenexposition	9
1.1.2 Aufklärung.....	10
1.2 Bildgebung	12
1.2.1 Computertomographie	12
1.2.2 Navigationssysteme.....	18
1.2.3 Ultraschall, MRT, Durchleuchtung	19
1.3 Punktionstechnik	22
1.3.1 Vorbereitung	22
1.3.2 Nadeldicken	23
1.3.3 Coaxialtechnik	24
1.3.4 Punktion.....	25
1.3.5 Feinnadelaspirationsbiopsie	26
1.3.6 Stanzbiopsie	28
1.3.7 Schwer erreichbar Läsionen	29
1.3.8 Allgemeine Indikationen.....	30
1.3.9 Allgemeine Kontraindikationen	31
1.3.10 Allgemeine Komplikationen.....	31
1.3.11 Nachsorge	32
1.4 Regionen.....	32
1.4.1 Thorax	32
1.4.2 Abdomen/Becken	43
2 Spezieller Teil.....	54

2.1	Einleitung	54
2.2	Material und Methoden.....	55
2.2.1	Patientenkollektiv	55
2.2.2	Punktionstechnik.....	55
2.3	Ergebnisse – Resultate	57
2.3.1	Resultate ohne Berücksichtigung der verschiedenen Organe	57
2.3.2	Resultate unter Berücksichtigung der verschiedenen Organe	60
2.4	Diskussion.....	68
3	Literaturverzeichnis	71
4	Tabellenverzeichnis.....	78
5	Abbildungsverzeichnis.....	79
6	Curriculum Vitae.....	81

1 Allgemeiner Teil

Die CT-gezielte Punktion stellt eine effektive und sichere Methode zur Abklärung von Herdbefunden in Organen oder vergrößerten Lymphknoten in Thorax, Abdomen und Becken dar. Im allgemeinen Teil dieser Arbeit werden die rechtlichen Aspekte und die Modalitäten der Bildgebung im Rahmen von gezielten Punktionen sowie die Punktionstechnik erläutert.

1.1 Rechtlicher Teil

Im folgenden Teil der Arbeit wird auf die rechtlichen Aspekte von radiologischen Interventionen mit besonderer Berücksichtigung des Strahlenschutzes eingegangen.

1.1.1 Strahlenexposition

Die am 28. Oktober 2004 erschienene 409. Verordnung: „Medizinische Strahlenschutzverordnung des Bundesministers für Gesundheit und Frauen“ regelt den Schutz von Personen durch Anwendung ionisierender Strahlung im Bereich der Medizin. Es geht darin sowohl um den Schutz von Patienten vor ionisierender Strahlung im Rahmen von Untersuchungen, Behandlungen, Reihenuntersuchungen und arbeitsmedizinischer Überwachung als auch um den Schutz von medizinischem Personal bei der Durchführung dieser Untersuchungen. Es werden 3 Strahlenschutzgrundsätze hervorgehoben:

- I. **Rechtfertigung:** Die Exposition gegenüber den ionisierenden Strahlen muss einen größeren medizinischen Nutzen für den Patienten haben, als die möglicherweise durch diese erzeugten Folgen. Kann eine radiologische Untersuchung unter diesem Gesichtspunkt nicht gerechtfertigt werden, ist sie auch nicht zulässig.
- II. **Optimierung:** Alle Bestrahlungsdosen in der Medizin sind so niedrig wie möglich zu halten. Ebenso müssen Regionen, die nicht von diagnostischem Interesse sind, geschont werden.
- III. **Verantwortung:** Jede therapeutische oder diagnostische Bestrahlung muss vom überweisenden Arzt sowie der anwesenden Fachkraft auf ihre

Rechtfertigung überprüft werden. Um die Strahlenbelastung für die Patienten so niedrig wie möglich zu halten, sind auch Vorbefunde und schon erfolgte Untersuchungen zu berücksichtigen.

Für medizinische Exposition mit hohen Patientenbestrahlungsdosen wie sie im Rahmen von interventioneller Radiologie, Computertomographie oder Strahlentherapie auftreten, müssen radiologische Geräte und Verfahren zur Anwendung kommen, welche die Belastung der Patienten auf ein notwendiges Minimum reduzieren. Das medizinische Personal muss eine geeignete Ausbildung, betreffend die oben genannten Anwendungen, haben. Eine Sonderstellung nimmt auch der Schutz von Frauen während Schwangerschaft und Stillzeit ein. Die medizinische Fachkraft ist angewiesen vor der Untersuchung einer Frau im gebärfähigen Alter sicherzustellen, dass diese weder schwanger ist, noch stillt. Falls eine Schwangerschaft besteht oder nicht ausgeschlossen werden kann, ist immer der Nutzen und die Dringlichkeit der Untersuchung einer möglichen Schädigung des Kindes gegenüberzustellen.

Vor jeder diagnostischen Anwendung von ionisierender Strahlung wird die medizinische Fachkraft angehalten sich über alle strahlenrelevanten Voruntersuchungen zu informieren, um eine Häufung von dosisintensiven Untersuchungen zu vermeiden [1].

1.1.2 Aufklärung

Die Aufklärung des Patienten spielt in der modernen Medizin nicht zuletzt wegen der juristischen Konsequenzen bei ihrer Unterlassung eine immer größere Rolle. Durch die rasante Entwicklung im Bereich der bildgesteuerten Interventionen werden auch Radiologen in zunehmendem Maß invasiv-diagnostisch und therapeutisch tätig. Das bringt aber auch die Notwendigkeit mit sich, den Patienten über den geplanten Eingriff aufzuklären und sich seine informierte Zustimmung zu sichern. Das Aufklärungsgespräch sollte, wenn möglich vom Arzt, der auch den Eingriff vornimmt, durchgeführt werden. Ist das nicht möglich, so kann auch ein anderer Arzt, der mit der Prozedur des Eingriffs vertraut ist das Aufklärungsgespräch vornehmen. Nicht darf es an Studenten, Schwestern, Pfleger oder Röntgenassistenten delegiert werden. Die Aufklärungspflicht entfällt, wenn der Patient darauf verzichtet oder sich in einem lebensbedrohlichen Zustand befindet, der eine sofortige Behandlung erfordert [2].

Die Aufklärung erfolgt am besten in Form eines Gespräches unter Zuhilfenahme eines geeigneten Aufklärungsbogens, wie sie z. B. auf der Homepage der Österreichischen Röntgengesellschaft zu finden sind. Diese Aufklärungsbögen dienen nur der bessern Darstellung und Verständlichkeit und sind kein Ersatz für das Gespräch. Dieses ist soweit möglich auf der sprachlichen Ebene des Patienten zu führen. Inhaltliche Schwerpunkte sind die eingriffstypischen Risiken, aber auch die Risiken der Unterlassung des geplanten Eingriffes [2]. Weiters muss der Patient über seinen Krankheitszustand und das Wesen, den Umfang und die Durchführung der geplanten Behandlungsschritte informiert werden. Nicht zu vernachlässigen ist dabei die Pflicht, den Patienten auch über mögliche Behandlungsalternativen, sofern vorhanden, in Kenntnis zu setzen.

Der österreichische Gerichtshof fasst die Aufklärungspflicht unter folgenden Punkten zusammen:

- Die Sicherungsaufklärung

Die Sicherungsaufklärung hat im diagnostisch-radiologischen Bereich eine untergeordnete Rolle, gewinnt aber auf dem wachsenden Sektor der therapeutisch-radiologischen Interventionen zunehmend an Bedeutung. In diesem Bereich der Aufklärung soll der Patient zur Mitwirkung an der Therapie bewegt werden um den Heilerfolg zu sichern. So ist der Patienten in einer verständlichen Weise über den aktuellen Stand der Wissenschaft im Bezug auf seine Krankheit zu informieren. Dies soll ihm auch möglich machen seine zukünftigen Lebensumstände optimal den Erfordernissen der Krankheit anzupassen um einen langfristigen Therapieerfolg zu sichern (z. B.: Diät und Bewegung bei Diabetes mellitus oder Salzrestriktion bei Hypertonie).

- Die Selbstbestimmungsaufklärung

Unter dem Punkt der Selbstbestimmungsaufklärung sind jene Grundsätze zusammengefasst die international durch den englischen Begriff ‚informed consent‘ bekannt sind. Der Patient soll durch Übermittlung von umfangreichen Informationen über seine Krankheit, die möglichen Therapien und deren Risiken in die Lage versetzt werden, seine aktive Einwilligung für eine Behandlung zu geben oder sich dagegen zu entscheiden. Drei Unterpunkte sind hier abgrenzbar: die Diagnoseaufklärung, die Verlaufsaufklärung und die Risikoaufklärung.

Im Rahmen der Diagnoseaufklärung wird der Patient über die, bei ihm bestehende, Krankheit aufgeklärt

Die Verlaufsaufklärung dient dazu, den Patienten über die beim ihm geplanten Behandlungen zu informieren. Auch muss er über die Folgen einer unterlassenen Therapie und die möglichen Behandlungsalternativen aufgeklärt werden.

Die Risikoaufklärung stellen den wichtigsten der Punkt unter dem Kapitel der Selbststimmungsaufklärung dar. Hier muss der Patient über alle Risiken aufgeklärt werden die bei einer sorgfältigen und fehlerfreien Durchführung eines Eingriffs auftreten können. Neben den typischen Eingriffsrisiken ist der Patient auch über die atypischen, seltenen Risiken aufzuklären, wenn diese, im Fall ihres Auftretens, das Leben des Patienten erheblich beeinträchtigen. Nur mit diesem Wissen ausgestattet kann der Patient seine informierte Zustimmung zu einer Behandlung geben.

1.2 Bildgebung

Im Rahmen gezielte Punktion sind verschiedene bildgebende Verfahren von Bedeutung. Die Vor- und Nachteile der Computertomographie, der Magnetresonanztomographie, der Sonographie und der Durchleuchtung im Bezug auf diagnostische Punktionen sind der Inhalt des folgenden Kapitels.

1.2.1 Computertomographie

Die ersten Prototypen von Computertomographen wurden zwischen 1957 und 1963 von Allan M. Cormack in Betrieb genommen. Hounsfield errichtete 1971 das erste klinische Gerät zur Untersuchung des Kopfes im Atkinson-Morley's Hospital in Wimbledon. Sie erhielten für diese bahnbrechende



Entdeckung in der modernen Diagnostik 1979 gemeinsam den Nobelpreis für Medizin. Möglich wurde dieses neue Verfahren auf Basis der Radontransformation, die der österreichische Mathematiker Johann Radon 1917 entwickelt hatte. Mit dieser kann aus den gemessenen Projektionsdaten das zweidimensionale Bild zurückgerechnet werden. Die Computertomographie ermöglichte zum ersten Mal das Erzeugen überlagerungsfreier Schnittbilder mit einem hohen Weichteilkontrast und entwickelte sich innerhalb weniger Jahre zu einem der wertvollsten Instrumente der Radiologie.

Ein CT-Gerät besteht aus [3]:

- Gantry: In dieser befinden sich der Hochspannungsgenerator, die Röntgenröhre, das Blendsystem, die Kühlung und das Detektorsystem
- Patiententisch
- Bedienpult
- Computer

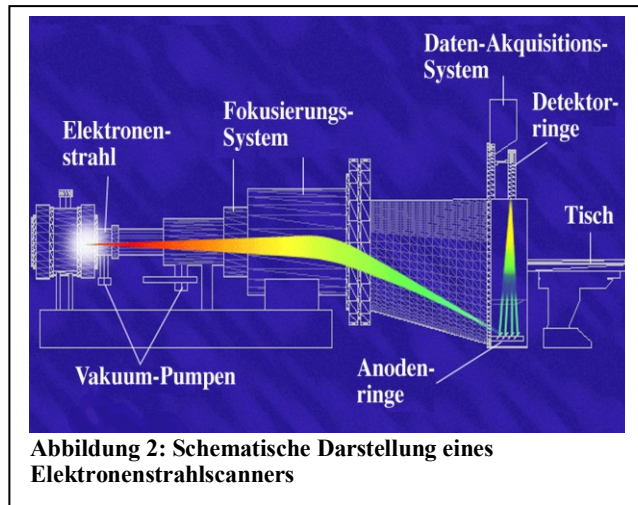
Die erste medizinische Umsetzung dieser neuen Technologie erfolgte in Form eines Translations-Rotations-Scanners. Dabei sind Röntgenröhre und Detektor fest miteinander verbunden. Geräte der ersten Generation erzeugten einen nadelförmigen Röntgenstrahl und waren mit einem Detektor ausgestattet, wogegen Geräte der zweiten Generation schon einen fächerförmigen Stahl und bis zu zehn Detektoren verwendeten. Gemeinsam war ihnen das Prinzip der Translation der Strahlenquelle, gefolgt von einer Rotationsbewegung.

Die dritte Generation arbeitet als reiner Rotationsscanner, da die translatorischen Bewegungen durch das breitere Auffächern des Röntgenstrahls überflüssig geworden sind.

Computertomographen der vierten Generation arbeiten mit einem fix montierten Detektorring, in welchem sich die Röntgenröhre um den Patienten bewegt [4].

Die bessere Unterdrückung von Streustrahlen und der geringere Bedarf an Detektoren hat dazu geführt, dass die modernen Multislice-CTs heute alle nach dem Prinzip der dritten Generation arbeiten [5]. Bei diesen Geräten werden mehrere Reihen von Detektoren eingesetzt, sodass bei einer Röhrenumdrehung mehrere Schichten gescannt werden. Diese Weiterentwicklung führte zu einer verbesserten örtlichen Auflösung und deutlich kürzeren Scanzeiten.

Elektronenstrahlscanner werden als Geräte der fünften Generation bezeichnet. Statt einer Röntgenröhre befindet sich in ihrem Inneren eine Elektronenkanone (s.Abb.2). Der von ihr emittierte Elektronenstrahl wird in einem trichterförmigen Tunnel um den Patienten beschleunigt und trifft dort auf Targetringe. An diesen Ringen entsteht dann die klassische Röntgenstrahlung, die von den gegenüberliegenden Detektoren aufgefangen und zur Bilderzeugung verwendet wird [3].



Der Vorteil besteht in einer Minimierung von Bewegungsartefakten durch sehr kurze Scanzeiten für Einzelschichten. Durch die sehr hohen Kosten dieses Gerätetypus verglichen mit den geringen Vorteilen haben sich die Elektronenstrahlscanner im medizinischen Alltag nicht durchgesetzt.

Die Aufgabe der Detektoren besteht darin, die auftreffende Röntgenstrahlung in einen elektrischen Impuls umzuwandeln, der sich direkt proportional zur Intensität der Strahlung verhält. Diese Messwerte werden dann digitalisiert und zur Bildrekonstruktion an den Computer übermittelt. Als wichtigen Einflussfaktor gilt es den Totraum, den Raum zwischen zwei Detektorelementen, möglichst klein zu halten, da hier keine Messungen erfolgen können. Moderne CT-Geräte verwenden sowohl Gas- als auch Szintillationsdetektoren.

1.2.1.1 Konventionelle Sequenz

Bei der konventionellen CT-Technik wird bei einer Rotation der Röntgenröhre eine bestimmte Anzahl von Schnittbildern erzeugt. Diese entspricht der Zahl von Detektorringen mit denen das System ausgestattet ist. Nach diesem Vorgang wird der Patiententisch um einen festgelegten Abstand weitergefahren und der Scanvorgang beginnt erneut. In dieser Pause kann der Patient atmen ohne eine Bewegungsunschärfe auf den Bildern hervorzurufen. Die Einstellungen für die Schichtdicke und den Abstand müssen bereits im Vorfeld eingegeben werden [6]. Der Nachteil dieser Methode ist die Gefahr von Interscan-Gaps, durch welche kleine Objekte wie z. B. kleine Lungenmetastasen nicht abgebildet werden. Als

problematisch gilt, wenn die betreffende Region bei der Gewinnung eines Datensatzes kurz unterhalb der letzten Schicht zu liegen kommt und nicht mehr abgebildet wird. Nun entsteht eine kurze Pause, in welcher der Patient atmen kann und der Tisch um einen bestimmten Abstand weitergefahren wird. Hat der Patient aber dieses Mal unterschiedlich tief inspiriert, so befindet sich die Läsion nun oberhalb der abgebildeten Schicht und entgeht wiederum der Darstellung. Auch Punktionen von kleinen Rundherden können durch dieses Phänomen deutlich erschwert werden.

1.2.1.2 Spiralmodus

Im Gegensatz zur konventionellen Sequenz dreht sich im Spiralmodus die Röntgenröhre in der Gantry ohne Unterbrechung während der Patient auf der Liege kontinuierlich durch diese hindurch gefahren wird. So beschreibt die Röhren-Detektor-Einheit relativ zum Patienten eine spiralförmige Bahn, die eine lückenlose Schichtrekonstruktion möglich macht (s. Abb. 3). Für Bestrahlungszeit bis zu 100 Sekunden ist eine große Hitzestabilität der Röntgenröhre notwendig. Teilvolumeneffekte können durch die Rekonstruktion aus überlappenden Schichten beträchtlich reduziert werden. Die Erfassung eines großen Volumens in einer Atemphase hat auf der einen Seite den Vorteil der kürzeren Untersuchungszeit und des größeren Patientenkomfort und wirkt sich auf der anderen Seite durch die Verminderung von Bewegungsartefakten auch positiv auf die Bildqualität aus. Die Spiral-CT-Technik wirkt sich auch vorteilhaft auf die Verwendung von Kontrastmittel aus. Durch die schnelle Bildgewinnung kann entweder Kontrastmittel eingespart oder ein besserer Kontrast erzeugt werden. Darüber hinaus ist zum ersten Mal eine Darstellung der arteriellen Kontrastmittelpulse möglich. Auch die dreidimensionale und multiplanare Rekonstruktion sind mit dieser Methode möglich.

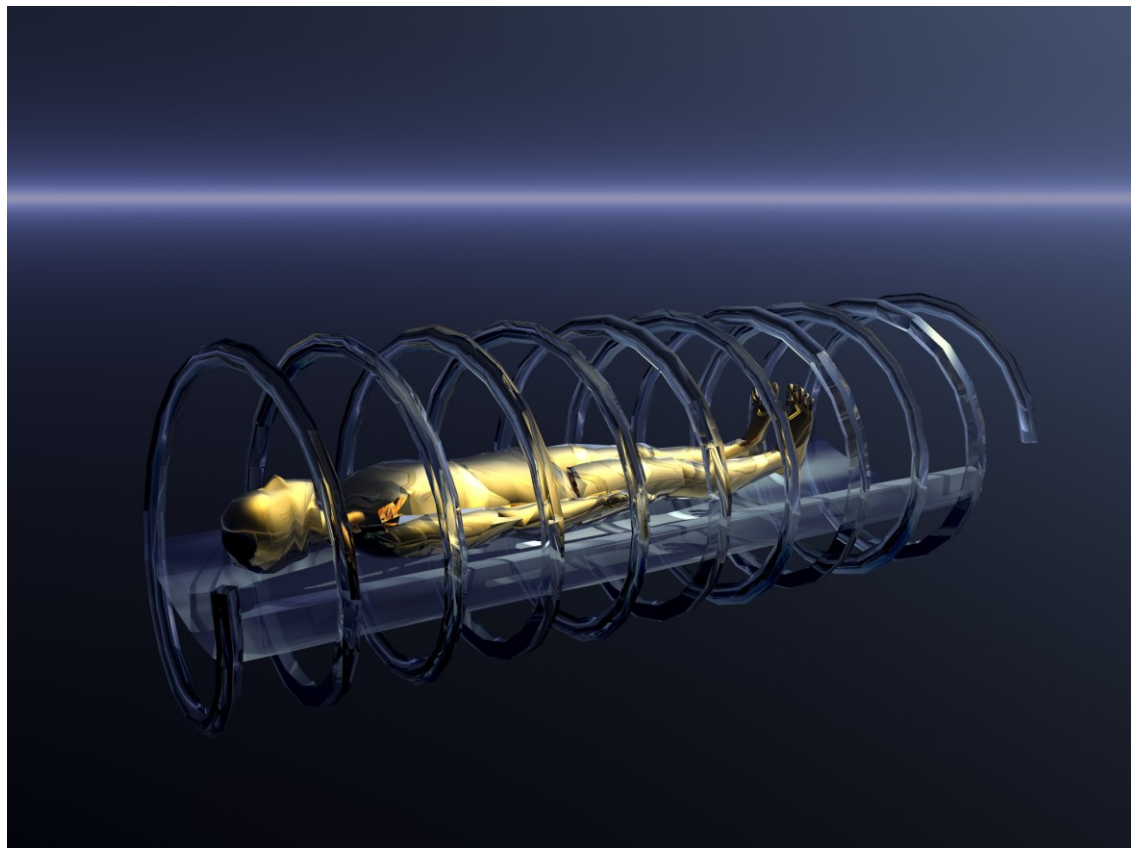


Abbildung 3: Schematische Darstellung der im Bezug auf den Patienten spiralförmigen Bahn der Röntgenröhre eines Computertomographen im Spiralmodus

1.2.1.3 CT-Durchleuchtung

Die CT-Durchleuchtung ist eine relativ junge Entwicklung der modernen CT-Technologie. 1993 wurde von Toshiba der erste durchleuchtungsfähige Scanner erzeugt. Der größte Nachteil der CT-gezielten Interventionen gegenüber dem Ultraschall und der Durchleuchtung bestand im Fehlen einer Echtzeitkontrolle. Besonders bei Läsionen von geringer Größe, in stark atemverschieblichen Organen, wie z. B. kleine Rundherde der Lungenbasis, kam dieser Nachteil zum Tragen und erhöhte die Anzahl von Fehlpunktionen. Die CT-Durchleuchtung versucht die Vorteile der CT-Technologie mit den Vorteilen der Echtzeitbilddarstellung wie etwa im Ultraschall zu verbinden.

Die CT-Durchleuchtungseinheit besteht aus einem schwimmenden Patiententisch, der vom Untersucher frei entlang der Patientenachse verschoben werden kann, einem Lichtvisier, das mit der genauen Scanebene übereinstimmt, und einer Monitoreinheit auf der zumeist mehrere Bilder gleichzeitig dargestellt werden können [7]. Als Auslösemechanismus hat sich ein Fußschalter bewährt, da der

Untersucher so beide Hände für die Punktion frei hat und auch nicht Gefahr läuft sich unsteril zu machen, indem er mit den Händen einen Schalter bedienen muss. Nach dem Betätigen des Auslösemechanismus kommt es mit einer Verzögerung von etwa 200 ms zu einer Darstellung des durchleuchteten Areals auf dem Bildschirm. Bei der verwendeten ‚last image hold‘-Technologie verbleibt das letzte akquirierte Bild immer als Standbild auf dem Monitor. Es haben sich grundsätzlich zwei Methoden in der Anwendung der Durchleuchtung etabliert:

- Die Kontinuierliche Methode: Der Fußschalter wird über mehrere Sekunden gedrückt gehalten und der Untersucher erhält ein leicht verzögertes dynamisches Bild, ähnlich den konventionellen Bildwandleraufnahmen.
- Die „Quick-check-Methode“: Die Überwachung der Punktion erfolgt durch ein kurzes Betätigen des Fußschalters und die dadurch produzierten Standbilder [7].

Nach einer retrospektiven Studie von Paulson et al. [8] wurden 87% der Punktionen unter CT-Durchleuchtung mit der „Quick-check-Methode“, 2% mit der Kontinuierlichen Methode und 11% mit einer Kombination aus beiden Methoden durchgeführt.

Als gravierendes Defizit dieser Methode ist allerdings die erhöhte Strahlenbelastung für Patient und Untersucher, die in erster Linie bei unsachgemäßer Verwendung auftritt, zu nennen. So kommt auch dem Strahlenschutz eine übergeordnete Bedeutung zu. Um die Gesamtstrahlendosis für den Patienten zu minimieren sind die wichtigsten Parameter, die es gilt gering zu halten, die Röhrenstromstärke und die Durchleuchtungszeit. Für den Untersucher ergeben sich weitere Maßnahmen, da er sich der Streustrahlung und mit den Händen sogar dem direkten Strahlengang aussetzt. Neben dem Tragen von Bleischürzen und Brillen mit Bleigläsern empfiehlt es sich den größtmöglichen Abstand zur Strahlenquelle zu wählen um die Exposition gering zu halten. Zum Schutz der Hände, die sich bei Punktionen oft im Bereich des direkten Strahlengangs befinden, können entweder Bleihandschuhe getragen oder ein Nadelhalter verwendet werden.

Die CT-Durchleuchtung ist eine gute Methode um Punktionen auch in schwierigen Regionen sicher und genau durchzuführen. Vorauszusetzen ist aber ein sorgfältiger und verantwortungsbewusster Umgang mit der Technik um die Strahlenexposition für Patient wie auch den Untersucher möglich gering zu halten.

1.2.2 Navigationssysteme

Navigationssysteme gewinnen in der Punktionstechnologie vor allem im Rahmen von schwer erreichbaren Läsionen an Bedeutung. So wird die Lage der Punktionsnadel mit dem CT zwar kontrolliert, aber während des Vorschubs der Nadel muss sich der interventionelle Radiologe auf seine auf dem Planungs-CT durchgeführte Vorbereitung verlassen. Der Vorteil von 3D-Navigationssystemen besteht in einer erhöhten Genauigkeit beim Platzieren der Nadel und einem früheren Erkennen von Achsenabweichungen.

Als Indikationen für stereotaktische Verfahren gelten Biopsien, bei denen ein axialer Weg zur Läsion nicht möglich, aber eine hohe Präzision notwendig ist.

Eine Navigationseinheit besteht aus einer Arbeitsstation, einem Monitor und einem dreidimensionalen Verfolgungssystem. Dieses Trackingsystem steht mit dem Patienten und den verwendeten Instrumenten entweder per Infrarot, oder wie das bei neueren Geräten der Fall ist, durch ein elektromagnetisches Feld in Verbindung. Während bei den Geräten auf Infrarotbasis noch Sichtkontakt zwischen den Instrumenten und Aufnahmeeinheiten des Verfolgungssystems bestehen musste, fällt diese Bedingung bei Verwendung elektromagnetischer Felder weg. Da die Sensorspiralen auch in die Spitzen der verwendeten Geräte eingearbeitet werden können, wird durch das elektromagnetische Feld das Instrument auch im Inneren des Körpers sichtbar. So fließt z. B. auch eine Krümmung einer Biopsienadel in die Berechnungen mit ein.

Eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen Eingriff ist, dass die Planungsaufnahme, die Registrierung und die Punktion alle in der selben Atemphase erfolgen [9]. Moderne Geräte verfügen über einen ‚respiratory gating‘ Modus. Er benutzt einen Sensor zur Überwachung der Atemphase und gleicht diese mit dem Punktionsweg ab. Bei der Registrierung wird ein Zusammenhang zwischen Patientenanatomie und der Bildanatomie anhand spezifischer Landmarken hergestellt [10]. Nach erfolgter Registrierung muss der Patient weitgehend immobilisiert werden. Dies kann zum Beispiel mit einem von Bale et al [11] vorgestellten vakuumbasierenden Gerät erfolgen. Sollte eine Fixation des Patienten damit nicht gelingen, so muss auf Narkose und Intubation zurückgegriffen werden.

Ein wichtiger Vorteil der Navigationstechnologie ist die Reduktion der Strahlendosis für den Patienten. So sind für eine navigationsunterstützte CT-

gezielte Punktion nur mehr eine Planungs- und eine Kontroll-CT-Aufnahme notwendig. Scans zur Lokalisierung der Nadelspitze und der Kontrolle des richtigen Punktionsweges sind nicht mehr erforderlich. Darüber hinaus kann der beste Zugangsweg frei im Raum gewählt werden und ist nicht an eine axiale Schicht gebunden.

Trotz der Vorteile die Navigationssysteme mit sich bringen, werden sie für diagnostische Punktionen relativ selten angewendet. Dies liegt auf der einen Seite in der fehlenden Ausbildung und Routine vieler interventioneller Radiologen mit diesen Systemen. Auf der anderen Seite sind Navigationshilfen komplexe technische Geräte und sehr kostenintensiv in der Anschaffung.

Insgesamt betrachtet können Navigationssysteme trotz ihrer Schwächen wie hohe Kosten und heikle Bedienung für interventionelle Radiologen eine große Hilfe darstellen.

1.2.3 Ultraschall, MRT, Durchleuchtung

Diagnostische Punktionen können mit mehreren bildgebenden Verfahren unterstützt werden. Um eine sichere und diagnostisch verwertbare Punktion durchzuführen ist es wichtig die Indikation genau zu prüfen und das passende bildgebende Verfahren auszuwählen. In diesem Kapitel sind die Alternativen zur Computertomographie mit ihren Vor- und Nachteilen kurz besprochen.

- Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie vereint mehrere Vorteile in sich, um in der Zukunft eine große Rolle auf dem Sektor der bildunterstützten Punktionen zu spielen. Sie erzeugt einen ausgezeichneten Weichteilkontrast und ermöglicht die multiplanare Darstellung des Körpers. Weiters können Gefäße ohne Applikation von Kontrastmittel dargestellt werden. Der größte Vorteil ist, dass diese Methode ohne radioaktive Strahlung auskommt [12].

Ein Problem der MR-Technologie ist, dass die Magnetspule die Zugangsmöglichkeit zum Patienten sehr begrenzt. Dieser Nachteil wird aber durch die Entwicklung offener und halboffener MR-System ausgeglichen (s. Abb. 4). Auch können die herkömmlichen Nadeln und Biopsiewerkzeuge nicht verwendet werden, da der Stahl Suszeptibilitätsartefakte auslöst. Mittlerweile sind Nadeln in

nicht-ferromagnetischen Ausführung erhältlich, doch diese sind bedeutend teurer. Darüber hinaus unterliegen sie den hervorragenden Materialeigenschaften von Stahl und sind weicher und weniger scharf [12].

Die hohen Anschaffungskosten, die längeren Eingriffszeiten bis zu 60 min [13] und die hohen Kosten der Spezialinstrumente verhindern derzeit noch einen flächendeckenden Einsatz dieser Technologie bei bildgesteuerten Punktionen. Trotzdem ist die MRT wegen ihrer exzellenten Weichsteildarstellung derzeit das Mittel der Wahl zur Bildgebung bei Punktionen



Abbildung 4: Modernes offenes MR-System von Siemens ©

des mukuloskeletalen Systems und der Hals-Nacken-Region. Wissenschaftliche Fortschritte werden diese Indikationen in naher Zukunft deutlich erweitern.

- Durchleuchtung

Die konventionelle Durchleuchtung ist von der MR-, CT- und Ultraschalltechnologie auf dem Gebiet der bildgebend gezielten Punktionen abgelöst worden. Zwar ist diese Methode billig, leicht zu handhaben und in fast allen Krankenhäusern verfügbar, doch sind nur ein sehr kleiner Teil der Läsionen unter dieser Bildgebung sichtbar. Auch vitale Strukturen auf dem Weg zu Läsionen sind in der Durchleuchtung nicht oder kaum zu erkennen. Zu den wenigen verbliebenen Indikationen gehört die Punktion von Knochenläsionen und intrathorakalen Expansionen. Um Parallaxenfehler auszuschließen ist hier immer auf die Darstellung der korrekten Nadelposition in zwei Ebenen zu achten.

- Ultraschall

Die meisten diagnostischen Punktionen werden unter Ultraschallkontrolle durchgeführt. Diese Tatsache ist auf die vielen Vorteile dieser Methode zurückzuführen. Im Gegensatz zu den meisten anderen Verfahren kann die

Punktion mit dem Ultraschall unter Echtzeitkontrolle durchgeführt werden, kommt aber im Gegensatz zur CT-Durchleuchtung bei der dies auch möglich ist, ohne radioaktive Strahlung aus. Auch ist eine Gefäßdarstellung ohne die Verabreichung von Kontrastmittel und der Gefahr der damit verbundenen Komplikationen möglich. Weitere Stärken der Sonographie sind ihre vergleichsweise geringen Kosten, kurzen Eingriffszeiten und die Möglichkeit mit mobilen Geräten kleine Interventionen auch am Krankenbett durchzuführen [12].

Eine Limitierung der Ultraschalltechnologie ist, dass Gas oder Knochen nicht dargestellt werden können. Somit muss Strukturen im Körper, die aus diesen beiden Materialien bestehen entweder ausgewichen werden, oder man greift auf eine andere Methode zur Bildgebung zurück. Das größte Problem der Ultraschalltechnologie war die Visualisierung der Nadelspitze, vor allem bei Punktionen von tief sitzenden Läsionen und in sonographisch sehr dichtem Gewebe. Dieses Defizit wurde in den letzten Jahren durch Erfindung hyperechogener Nadeln behoben [14]. Diese haben entweder eine aufgeraute Oberfläche oder eine spezielle Beschichtung wie Teflon oder Biopolymer und sind sonographisch gut sichtbar. Sollte eine so ausgestattete Nadel trotzdem nicht sichtbar sein, ist immer an einen Ausrichtungsfehler zu denken. So kann es sein, dass die Nadel entweder nicht in der Mitte des Schallfensters liegt oder dass sie zwar dort eingeführt ist, aber nicht parallel zur Ebene des Transducers liegt. Somit durchquert sie zwar das Sichtfeld, ist aber nicht in ihrer vollen Länge abgebildet. Auch ein ganz leichtes Rütteln an der Nadel kann zur Visualisierung der Nadelspitze beitragen.

Der Ultraschallkopf kann bei Bedarf auch mit einer Zielhilfe ausgestattet werden. Die Nadel wird dann in einem durch diese Hilfe fixierten Winkel eingeführt, wobei der geplante Weg auf dem Monitor sichtbar ist. Obwohl diese Methode den Eingriff erleichtert und verkürzt, ziehen vor allem erfahrene Radiologen die Freihandtechnik ohne Zielhilfe vor. Diese erlaubt auch ein nachträgliches Ändern des Einstichwinkels in allen Raumebenen.

Die Vorteile der Sonographie kommen vor allem bei Punktionen von oberflächlich gelegenen Läsionen zum Tragen. Tief liegende Expansionen sind wegen der Schallabschwächung der Weichteile ungeeignet für eine US-gezielte Biopsie [15]. Die Sonographie hat zwar eine relativ flache Lernkurve, ist aber in den Händen

eines erfahrenen Radiologen ein sicheres und komplikationsarmes Verfahren um perkutane Biopsien zu unterstützen.

1.3 Punktionstechnik

1.3.1 Vorbereitung

Einen wichtigen Punkt der Vorbereitung stellt sicher die genaue und richtige Indikationsstellung dar. Diese wird unter den organspezifischen Punkten abgehandelt.

Der behandelnde Radiologe sollte mit der Krankenakte und allen Vorbefunden des Patienten vertraut sein. Besondere Beachtung werden dem Alter, dem momentanen Gesundheitsstatus des Patienten, dem Gerinnungsstatus und der laufenden Medikation geschenkt. Hat der Patient vor kurzem Aspirin oder andere, die Gerinnungszeit negativ beeinflussende Medikament eingenommen, ist die Intervention auf einen späteren Zeitpunkt zu verlegen. Die Kontrolle der Blutgerinnungsparameter sollte die Thrombozytenzahl, den Quicktest und die Prothrombinzeit (PTT) enthalten. Die Normwerte für diese Parameter sind von Labor zu Labor unterschiedlich und den Referenzwerten des betreffenden Labors zu entnehmen. Eine Störung der Blutgerinnungsparameter sollte vor der Untersuchung behoben werden. So wird eine anormale INR mit Fresh Frozen Plasma behandelt und eine zu niedrige Thrombozytenzahl mit Thrombozytenkonzentraten angehoben, bis der Normbereich erreicht ist. Um die daraus resultierende Verzögerung und die erhöhten Kosten zu vermeiden, gibt es Forschungsansätze, die darauf abzielen, die Blutungsneigung durch die lokale Injektion von Blutbestandteilen in den voraussichtlichen Stichkanal zu senken [16]. Ist die Kontrastmittelgabe bei einer CT-gezielten Punktion notwendig, müssen neben den Gerinnungsparametern auch die Nierenwerte kontrolliert werden.

Ebenso muss aus allen möglichen Zugangswegen, der risikoärmste ausgewählt werden.

Patienten bei denen die Gefahr besteht eine Pulmonalarterienembolie im Rahmen einer tiefen Beinvenenthrombose zu erleiden, bedürfen der vorübergehenden Implantation eines Vena cava inferior Filters. Unter dessen Schutz kann dann die Antikoagulation ausgesetzt werden [17].

Abgesehen von der unter Punkt 1.1.2 besprochenen Aufklärung der Patienten, muss auch über eventuell erforderliche Nahrungskarenz aufgeklärt werden. Die Punktionen werden fast ausschließlich in Lokalanästhesie durchgeführt und eine Analgosedierung bleibt Ausnahmefällen vorbehalten. Dennoch sollten interventionelle Radiologen auf ein profundes Wissen und einen sicheren Umgang mit diesen Medikamentengruppen zurückgreifen können. Bei Patienten mit einer bekannten Immunschwäche sollte eine prophylaktische Abdeckung mit einem Antibiotikum erfolgen [18].

1.3.2 Nadeldicken

Im Rahmen der rasanten Fortschritte auf dem Bereich der interventionellen Radiologie wurden auch die Biopsienadeln weiterentwickelt. Heute steht eine breite Palette von Nadeln zur Auswahl, die es dem Radiologen möglich machen auch schwierige Punktionen sicher durchzuführen.

Man kann drei Arten von Nadeln nach ihrem Durchmesser unterscheiden:

- 1) Feinnadeln mit einer Dicke von 22-23 Gauge
- 2) Feinstanzbiopsienadeln 19-21 Gauge
- 3) Grobstanznadeln 14-18 Gauge

Gauge	10	14	18	19	20	21	22	23
Millimeter	3,4	2,1	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,65

Tabelle 1: Umrechnungstabelle Gauge-Millimeter (Außendurchmesser der Biopsienadeln)

Weiters unterscheiden sich die Nadeln im Schliff und Mechanismus ihrer Spitze. Eine sehr häufig benutzte Feinnadel ist die Chibanadel. Sie hat einen Anschliff mit einem spitzen Winkel (24°) und wird vor allem für die Aspirationszytologie eingesetzt. Sie ist einer normalen Injektionskanüle sehr ähnlich und kann auch zum Einspritzen von Flüssigkeiten verwendet werden. In diese Gruppe fällt auch die Turnernadel, die einen Anschliffwinkel von 45° hat [2]. Nach einer Studie von Haaga et al. liefern Nadel mit einem steileren Anschliffwinkel bessere und vollständigere Proben als Nadel, mit einem stumpfen Anschliffwinkel [19].

Eine weitere Gruppe von Nadeln hat an ihrer Spitze einen Schneidmechanismus, der beim Vorschieben in die Läsion Gewebe in den Trokar befördert. Zu dieser Gruppe zählen die Otto-, Greene-, Franseenbiopsienadeln.

Zur Gruppe der Grobstanznadel gehört die Tru-Cut Biopsienadel. Sie hat an ihrer Seite eine längliche Vertiefung und dient der Gewinnung von größeren Gewebszylindern für die histologische Aufarbeitung.

Die Auswahl der Punktionsnadel richtet sich nach der Größe der Läsion, nach dem Risiko des Zugangsweges und nach den benötigten Proben. Generell gilt: Je kleiner die Läsion und je risikoreicher der Zugangsweg, desto dünner muss die gewählte Punktionsnadel sein [5]. Die steigende Nadelgröße ist mit einem steigenden Risiko von Komplikationen assoziiert. Mit einer kleinen Nadel können Magen oder Darmschlingen ohne eine Erhöhung der Komplikationsrate durchquert werden [15]. Nicht zu übersehen ist aber die Tatsache, dass größere Nadeln bessere Gewebeproben liefern, die auch zur histologischen Aufarbeitung genutzt werden können [20]. Somit müssen bei jedem Patienten individuell das Risiko von Komplikationen gegen die Vorteile einer geglückten Biopsie aufgewogen werden.

1.3.3 Coaxialtechnik

Ein weiterer wichtiger Schritt um die bildgesteuerte Punktion als sichere und komplikationsarme Diagnostik zu etablieren war die Entwicklung der Koaxialtechnik. Folglich können nun durch einen Stichkanal mehrere Proben entnommen werden.

Eine mit einem Trokar versehene Außenkanüle wird bis zum suspekten Herd vorgeschoben. Durch diesen Arbeitskanal können dann die gewünschte Anzahl von Biopsien entnommen werden ohne dass eine weitere Traumatisierung des Gewebes notwendig ist. So konnten die Risiken und Unannehmlichkeiten für die Patienten weiter reduziert werden [12]. Ein Nachteil dieser Technik ist allerdings, dass nachfolgende Biopsien oft den Weg der ersten Probe nehmen. Folglich werden die Biopsien nur einem Teil des Tumors entnommen, was die Aussagekraft und diagnostische Ausbeute herabsetzt. Ein Versuch dieses Problem zu lösen wurde von Kopecky et al. [21] beschrieben. Die untersuchte Burney Nadel hat etwa 1 cm proximal ihrer Spitze ein Loch durch welches die Biopsienadel seitlich austritt. Durch Drehen der äußeren Trokarnadel um jeweils 45° können nun Proben aus unterschiedlichen Bereichen des Tumors entnommen werden. In einer weiteren Arbeit beschreiben Broderick et al. [22] vier große Vorteile dieser Methode:

1. Die Biopsien können allein durch Drehen der Trokarnadel von einem größeren Bereich des Tumors entnommen werden. Somit entfällt das Risiko, durch Manipulation an der Trokarnadel eine Blutung hervorzurufen.
2. Da jede Probe von einer neuen Region stammt, ist die Gefahr geringer, dass sie durch eine Blutung von einem vorhergehenden Biopsievorgang verunreinigt ist
3. Die Spitze der Burneynadel kann helfen die zu punktierende Läsion während der Biopsie zu fixieren
4. Der Bogen, der von diesem System im Gesamten gebildet wird, kann helfen, Expansionen, die auf geraden Weg unerreichbar sind, ohne Gefahr zu punktieren.

Eine Einschränkung dieser Methode ist aber, dass es nicht möglich ist mit diesem System Stanzbiopsien zu entnehmen, und somit eine histologische Aufarbeitung der Proben nicht möglich ist.

1.3.4 Punktion

Der erste Schritt ist die richtige Lagerung der Patienten in Rücken- Bauch-, oder Seitenlage. Der Patient muss in dieser Haltung ruhig liegen und flach atmen können. Als nächster Schritt erfolgt ein Übersichtstopogramm, auf dem die zu punktierende Läsion und der geplante Zugangsweg komplett dargestellt ist. Um repräsentatives Material aus einem Tumor zu gewinnen ist es wichtig sich auf dessen Peripherie zu konzentrieren. So können wenig aussagekräftige Biopsien von oft zentral gelegenen nekrotischen Arealen, vermieden werden. In der überwiegenden Zahl der Fälle ist der kürzeste Abstand zwischen Haut und der interessierenden Läsion auch der sicherste und komplikationsloseste Biopsieweg. Dieser Grundsatz ist selbstverständlich zu verlassen wenn sich vitale Strukturen oder Knochen auf diese Linie befinden. Wann immer es möglich ist, wird ein axialer Zugang gewählt, sodass sich der gesamt Biopsieweg in einer Schicht befindet. Sollte das nicht möglich sein, kann man entweder nur die CT-Gantry, oder auch den Patienten kippen um einen sicheren Zugangsweg zu schaffen. Diese Methode wird von Hussain et al [23] als „Dual Angulation“ beschrieben. Diese Verfahren sind zwar umständlicher als die streng axiale Punktion, aber ihr Vorteil ist die komplette Darstellung der Nadel in einer Schicht. Somit sind sie den stereotaktischen Verfahren vorzuziehen.

Falls man sich über die Lage von Gefäßstrukturen nicht im Klaren ist, muss vor der Punktion ein i.v. Kontrastmittel eingesetzt werden. Dieses Prinzip gilt auch, wenn man eine sehr gut durchblutete Läsion vermutet.

Nachdem der beste Zugangsweg ausgewählt ist, wird die Punktionsstelle auf der Haut mit einem Stift markiert und die Schmerzempfindung mit Lokalanästhesie ausgeschaltet. Das weitere Vorgehen erfolgt nun unter sterilen Bedingungen. Als nächster Schritt wird die Punktionsnadel, der Markierung entsprechend eingeführt und in allen drei Raumebenen ausgerichtet. Unter mehrmaligen Kontrollaufnahmen und unter Schonung vitaler Strukturen wird die Nadel nun an die Läsion herangeführt. Ehe die Proben entnommen werden, muss noch sicher gestellt sein, dass sich die Nadelspitze in der Läsion befindet. Das geschieht am besten anhand des Dunkelschatteneffektes, der sich vor der scharf endenden Nadelspitze bildet. Im Gegensatz dazu, macht eine, durch die unmittelbar anliegende Schicht „abgeschnittene“ Nadelspitze ein kegelförmig zulaufendes Bild [15]. Um Sicherheit über die korrekte Lage der Nadel zu erhalten, empfiehlt es sich, mit dem CT auch jeweils die kraniale und kaudale Schicht abzubilden. Hier leistet das Multislice-CT gute Dienste.

Nach der Punktion wird die Nadel unter Aspiration entfernt und eine Kontrollschicht zur Erkennung von Frühkomplikationen angefertigt [2].

1.3.5 Feinnadelaspirationsbiopsie

Die Feinnadelaspirationsbiopsie (FNAB) ist eine ausgezeichnete Methode, um tiefer liegende, durch die Bildgebung nicht eindeutig zuordenbare Expansionen zu klassifizieren und auf diesem Weg zu einer Diagnose zu kommen. Weiters ist sie hilfreich um zu einer Therapieentscheidung zu kommen und zugleich kann sie auch als Kontrolle des Behandlungserfolges eingesetzt werden. Die FNAB ist Mittel erster Wahl zur Diagnose von Metastasen oder der Frage, ob ein Rezidiv oder eine Infiltration vorliegt. Bei Patienten mit schlechtem Allgemeinzustand kann so oftmals das Risiko einer operativen, offenen Biopsieentnahme vermieden werden. Darüber hinaus stellt die FNAB, im Gegensatz zum chirurgischen Eingriff, ein zeit- und kostenökonomisches Diagnoseverfahren dar [24]. Durch eine schnelle Diagnosestellung und einen frühen Beginn einer spezifischen Therapie verbessert sich das Outcome für die Patienten erheblich. Auch aus Regionen, die

operativ nur erschwert zugänglich sind, wie das Mediastinum, können risiko- und komplikationsarm Proben entnommen werden.

Die Biopsienadel wird dabei knapp vor oder unmittelbar an der Läsion platziert. Erst wenn die richtige Lage der Nadel mit einer Kontrollaufnahme bestätigt ist, wird der Mandrin entfernt um ein Verstopfen der Nadel durch das umgebende Gewebe zu vermeiden. Als nächstes wird unter fächerförmigem Vor- und Zurückschieben der Nadel Material aspiriert. Um Komplikationen vorzubeugen, darf dabei allerdings die Spitze der Nadel den zu untersuchenden Prozess nicht verlassen [2].

1.3.5.1 Zytologische Aufarbeitung

Die May-Grünwald-Giemsa-Färbung hat sich als Standard in der zytologischen Diagnostik etabliert. Sie ermöglicht eine gute morphologische Differenzierung der Zellen und somit ein hohes Maß an diagnostischer Sicherheit [2].

Das gewonnene Material wird auf 8-10 Objektträger aufgebracht, möglichst dünn ausgestrichen und luftgetrocknet. Während zellarme Flüssigkeiten vor dem Auftragen auf den Objektträger zentrifugiert werden müssen, können zellreiche Flüssigkeiten ohne weitere technische Verarbeitung aufgetragen werden. Auch von größeren Stanzbiopsien lassen sich durch vorsichtiges Hin- und Herrollen Abtupf- und Imprintpräparat herstellen [2].

In der Diagnostik hat sich die Papanicolaou-Klassifikation durchgesetzt. Laut mehreren Studien [25, 26] ist es für die diagnostische Ausbeute der Punktionen sinnvoll, dass ein Pathologe bei der Intervention anwesend ist. Dieser kann mit dem interventionellen Radiologen die Lage der Läsion besprechen und sich fachgerecht um die entnommenen Proben kümmern. Die Durchsetzung dieser Forderung wäre zwar wünschenswert, lässt sich aber im klinischen Alltag wohl nicht immer realisieren.

Tabelle 2: Klassifikation nach Papanicolaou übernommen von der deutschen Krebsgesellschaft		
PAP-Gruppe		Beurteilung und therapeutische Konsequenz
PAP I	Normales Zellbild	Der Befund ist normal, es gibt keine Auffälligkeiten; erneute Untersuchung nach einem Jahr im Rahmen der Krebsfrüherkennungsuntersuchung
PAP II	Entzündliche, regenerative, metaplastische oder degenerative Veränderungen	Die Zellveränderungen sind unverdächtig, meist bedingt durch Bakterien oder anderen Keimen; ggf. Untersuchung nach 3 Monaten und eine evtl. Behandlung der Entzündung
PAP III	Schwere entzündliche oder degenerative Veränderungen, eine Beurteilung, ob die Veränderungen bösartig sind, ist nicht sicher möglich	Der Befund ist unklar; ggf. antibiotische oder hormonelle Behandlung kurzfristige Kontrolle nach ca. 2 Wochen; bei anhaltendem Pap III ist eine histologische Abklärung wichtig
PAP III D	Zellen weisen leichte bis mäßige untypische Zellveränderungen auf	Der Befund ist unklar; meist hängt diese Veränderung mit dem häufig verbreiteten HPV - Infekt zusammen; Kontrolle nach 3 Monaten ist ausreichend, eine histologische Abklärung erst bei wiederholtem Auftreten erforderlich
PAP IV a	Zellen schweren Dysplasie oder eines Carcinoma in situ (Krebsvorstufe)	Histologische Abklärung mit Hilfe einer Cürettage und einer Hysteroskopie
PAP IV b	Zellen schweren Dysplasie oder eines Carcinoma in situ (Frühstadium eines Karzinoms), Zellen eines invasiven Karzinoms können nicht ausgeschlossen werden	erfordern die histologische Abklärung mittels Konisation oder Biopsie, Therapie je nach Befund und Familienplanung der Patientin
PAP V	Zellen eines vermutlich invasiven Karzinoms, Tumor ist eindeutig bösartig	erfordern die histologische Abklärung mittels Konisation oder Biopsie, Behandlung: Gebärmutterentfernung

1.3.6 Stanzbiopsie

Grobstanznadeln werden zumeist mit einem Hochgeschwindigkeitsschussapparat kombiniert. Diese Punktionshilfe wurde für Prostatapunktion vorgestellt, eroberte aber schnell den gesamten Sektor der bildgesteuerten Punktionen. Sie besteht aus einem kleinen Metallkasten, in dem mit Federn eine Truth-Cut-Biopsienadel eingespannt wird. Als Einschusstiefe kann je nach Modell 15 mm oder 22 mm gewählt werden. Nach Auslösung des Schussmechanismus schnellt zuerst die

innere Nadel, mit ihrer muldenförmigen Einkerbung auf der Seite, nach vorn. Einen Augenblick später folgt der äußere Trokar dieser Bewegung und schert das, sich in der Mulde befindliche, Gewebe ab. Darauf folgt eine synchrone Rückwärtsbewegung beider Nadeln und mit ihnen der Probe, die sich nun, geschützt von den beiden Nadeln, in der Vertiefung befindet. Nach den Untersuchungen von Parker et al [27] hat dieses System mehrere große Vorteile. So konnten crush-Artefakte signifikant reduziert werden und es gab auch kaum von Blut verunreinigte Biopsien. Auch konnte mit diesem Apparat die durchschnittliche Dauer der Punktionen deutlich gesenkt werden. Diese kommt dem Patientenkomfort zugute und scheint auch von ökonomischer Seite aus sinnvoll. Vielfach Verbreitung gefunden hat das Bard-Biopsie-System (s. Abb. 6).



Abbildung 5: Bard Magnum Reusal Core Biopsy System ©

Die entnommenen Stanzbiopsien werden mit 10%-igem Formalin fixiert. Zur Beurteilung der zellulären Strukturen werden sie anschließend mit der Hämatoxylin-Eosin-Färbemethode behandelt.

1.3.7 Schwer erreichbar Läsionen

Der risikoärmste Biopsieweg ist in den meisten Fällen der kürzeste Abstand zwischen Haut und Läsion. Liegen auf dieser Strecke allerdings Knochen oder vitale Strukturen wie Gefäße oder Nerven, ist von dieser Regel natürlich Abstand zu nehmen. Das Passieren von Darmschlingen mit einer Feinnadel ruft zwar keine erhöhte Komplikationsrate hervor [15], doch von der Punktion von Darmschlingen mit einer Grobstanznadel wird wegen Peritonitisgefahr abgeraten. Um schwer zugängliche Punktionen trotzdem punktieren zu können, gibt es nach Gupta et al [28] mehrere Möglichkeiten:

- Die Triangulationsmethode: Es wird der Hautpunkt mit der kürzesten Strecke zu Läsion bestimmt. Da dieser Biopsieweg nicht möglich ist, wird ein Punkt, der kaudal oder kranial davon liegt und einen sicheren Zugangsweg ermöglicht, ausgewählt. Man erhält somit ein rechtwinkeliges Dreieck von welchem zwei Seiten bekannt sind. Nach dem Satz von

Pythagoras lassen sich Einstichwinkel und Tiefe mathematisch berechnen. Die Schwachpunkte dieses Ansatzes sind zum einen, dass die Nadel mehrere Ebenen durchquert und nie vollständig sichtbar ist und zum anderen, die Möglichkeit von Rechenfehlern durch den Untersucher. Um diesen Problemen vorzubeugen kann die CT-Gantry der meisten Hersteller bis zu 25 ° gebeugt werden und ermöglicht so eine Annäherung der Nadel an die Punktion in der CT-Schichtebene (in-plane-approach).

- Injektion von Kochsalzlösung: Die Annäherung an mediastinale Läsionen kann sowohl von parasternal als auch von paravertebral sehr problematisch sein. Der direkte Weg führt hier oft durch die großen intrathorakalen Gefäße oder die Lunge. Lungengewebe kann zwar ohne hohe Komplikationsrate punktiert werden, doch durch das hier notwendige, zweimalige Punktieren der Pleura steigt das Pneumothoraxrisiko massiv an. Zur Vermeidung dieser Probleme kann der Mediastinalraum durch Injektion einer Kochsalzlösung erweitert und Platz für eine sichere Punktion geschaffen werden.
- Druck mit dem Schallkopf: Bei der Verwendung der Sonographie als Bildunterstützung kann der Schallkopf verwendet werden um Druck auf z. B. vorgelagerte Darmschlingen auszuüben. So gelingt es vorgelagerte Darmschlingen zu umgehen und den Punktionsweg möglichst kurz zu halten.
- Spezialnadeln: Um vitale Strukturen zu umgehen werden gebogene Nadeln beschrieben, die vom Untersucher dem benötigten Winkel angepasst werden. Als Nachteil diese Methode ist zu erwähnen, dass durch gebogene Nadeln nur mehr eine Aspirationszytologie und keine Stanzbiopsie mehr möglich ist.

1.3.8 Allgemeine Indikationen

Die durch Bildgebung geführte Punktion dient vor allem der Probengewinnung von nicht tastbaren Läsionen. So können auch tief sitzende Expansionen, ohne chirurgisches Vorgehen einer zytologischen und histologischen Bestimmung und Dignitätsbeurteilung zugeführt werden. Ein Ziel der Punktion mit Unterstützung durch die Bildgebung ist es, die offenen, chirurgischen Probeentnahmen auf das

notwendige Mindestmaß zu reduzieren. Die Vorteile der bildunterstützten Punktion sind die niedrigeren Kosten, reduzierte Risiken und der ambulante Charakter der Untersuchungen [24]. Wenn aber schon durch die Bildgebung ein chirurgisches Vorgehen klar angezeigt ist, kann auf eine Biopsie verzichtet werden.

1.3.9 Allgemeine Kontraindikationen

Die Liste der Kontraindikationen für die CT-gezielte Punktion ist kurz, und die meisten davon sind als relativ anzusehen. So muss in diesen Fällen das Verhältnis von Nutzen zu Risiko abgewogen werden. Relative Kontraindikationen sind: eine unkorrigierbare Blutgerinnungsstörung, eine sehr gut durchblutete und vaskularisierte Läsion, ein massiver Aszites und ein unkooperativer Patient. Auch das Fehlen eines sicheren Biopsieweges zur Läsion zählt zu den Kontraindikationen. Vorgelagerter Magen oder Darmschlingen sind keine Kontraindikation für eine Punktion, da sie mit einer Feinstanznadel sicher zu passieren sind [15]. Warnungen in der Literatur existieren aber für die Punktion von parasitären Läsionen und Katecholamin-produzierten Tumoren wie Phäochromozytome [25].

1.3.10 Allgemeine Komplikationen

Die CT-gesteuerte Punktion ist ein sicherer und risikoarmer Eingriff, der oft eine chirurgische Probeentnahme ersetzen kann. In einer prospektiven Studie über 1000 diagnostische Punktionen von Welch et al. [29] traten nur in 11 Fällen Komplikationen auf. Sieben hatten Hämatome, drei hatten einen Pneumothorax und ein Fall von Hämaturie wurde verzeichnet. Von den tausend Patienten starb kein einziger an dem Eingriff und nur einer musste operiert werden.

Risiko	
Blutung	-2%
Hämatoptysis	2-5% nach Lungenbiopsie
Pneumothorax	10-60% nach Lungenbiopsie
Pancreatitis	-2% nach Pancreaspunktion
Abszess, Peritonitis, Emphyem	sehr selten
Verletzung der Nieren	sehr selten
Stichkanalmetastasierung	sehr selten
Luftembolie	sehr selten

Tabelle 3: Komplikationen bei CT gezielte Punktionen nach [1].

Mögliche Komplikationen sind die Verletzung von Blutgefäßen oder Nerven, was zu Blutungen oder Lähmungen führen kann. Weiters besteht die Gefahr von Infektionen und die mögliche Stichkanalmetastasierung.

Einige Komplikationen sind organspezifisch und werden im Rahmen der jeweiligen Organsysteme abgehandelt.

1.3.11 Nachsorge

Die meisten CT-gezielten Punktionen können heute durch die verbesserten technischen Möglichkeiten ambulant durchgeführt werden. Es ist allerdings anzuraten, jeden Fall einzeln zu evaluieren und Punktionen bei Patienten mit schlechtem Allgemeinzustand, reduzierter Lungenfunktion oder grenzwertigen Nierenfunktionsparametern stationär durchzuführen.

Nach Abschluss der Punktion sowie vor der Entlassung des Patienten ist jeweils eine Kontrollaufnahme anzufertigen, um Komplikationen sofort zu entdecken und behandeln zu können. Der Beobachtungszeitraum nach unkomplizierter Punktion wird mit 30 min für Knochen und Muskulatur und bis zu einigen Stunden bei sensiblen Organsystemen wie Lunge, Abdomen und Mediastinum angegeben [2]. Bei komplizierten Verläufen empfiehlt es sich auf jeden Fall den Patienten zur Beobachtung stationär aufzunehmen.

1.4 Regionen

1.4.1 Thorax

Die erste perkutane Lungenbiopsie wurde 1882 von Leyden durchgeführt um eine Infektionskrankheit der Lunge zu beweisen [30]. Diese neue Technik wurde dann weiter verbreitet und angewendet. Die vermehrten Berichte von hohen Komplikationsraten schränkte ihre Anwendung aber beträchtlich ein. Der nächste große Schritt war die Erkenntnis, dass die häufigsten Komplikationen auf die Verwendung von Grobstanznadeln zurückzuführen waren. Mit der Entwicklung der Feinnadeln, den Fortschritten in der histologischen und zytologischen Diagnostik und der Entwicklung von bildgebenden Systemen zur Unterstützung der Punktion gelang es der perkutanen Thoraxbiopsie sich als sicheres und wertvolles diagnostisches Verfahren zu etablieren.

1.4.1.1 Lunge

- Indikationen

Die chirurgische Biopsie ist die älteste Methode um Lungengewebe für die diagnostische Aufarbeitung zu gewinnen. Gleichzeitig stellt sie auch schon ein mögliches Therapieverfahren dar. Somit wird sie bei Patienten eingesetzt bei denen von vornherein ein dringender Verdacht einer bösartigen Erkrankung besteht und ein chirurgisches Vorgehen ohnedies unvermeidbar ist. Neben der chirurgischen Biopsie gibt es zurzeit drei minimalinvasive Verfahren, die eine Gewebeentnahme aus dem Thoraxraum zur histologischen und zytologischen Abklärung ermöglichen. Das Erste ist die bronchoskopische Biopsie, die dann hilfreich ist, wenn eine zentrale Läsion in enger räumlicher Beziehung zum Bronchialsystem liegt oder Anschluss an dieses hat. Eine weitere Technik ist die Thorakoskopie. Sie kommt bei unklaren Expansionen der Pleura oder der Lungenoberfläche zum Einsatz. Die perkutane Lungenbiopsie schließlich eignet sich besonders für Patienten die für eine Operation nicht in Frage kommen. Gründe dafür können etwa eine bekannte Metastasierung, ein invasiver Tumor, schlechter respiratorischer oder Allgemeinzustand sein. Eine weitere Indikation ist die Entdeckung eines solitären Rundherdes bei Patienten mit erhöhtem Krebsrisiko, bekannten oder vermuteten extrapulmonalen Neoplasien [25]. Auch ist sie von Vorteil um den Erfolg einer Chemo- oder Radiotherapie zu evaluieren und die Therapieschemata an Veränderungen der Tumorgenetik anzupassen. Die perkutane Biopsie kann darüber hinaus bei negativen oder grenzwertigen bronchoskopisch erhobenen Befunden helfen, die Diagnose zu untermauern oder benigne bzw. infektiöse Infiltrate in normalen oder immunsupprimierten Patienten zu identifizieren [30].

- Kontraindikationen

Eine unkorrigierbare schwere Gerinnungsstörung, schlecht eingestellte Antikoagulationstherapie oder die Möglichkeit, dass es sich bei dem Ziel um eine hypervaskularisierte Läsion, oder eine Hydatidenzyste handelt werden als absolute Kontraindikationen angesehen.

Relative Kontraindikationen sind hingegen: eine schlechte respiratorische Funktion mit der fehlenden Kompensationsfähigkeit im Falle eines ausgeprägten Pneumothorax (Pneumektomie, COPD IV, künstliche Beatmung), ein schweres

bullöses Emphysem, schwere pulmonale Hypertonie, kardiale Insuffizienz; In diesen Fällen sollte die Punktion nur vorgenommen werden, wenn sie für das therapeutische Management des Patienten unerlässlich ist [25, 30-32].

Ein problematisches Patientenmanagement, das durch einen unkooperativen Patienten oder nicht kontrollierbaren Hustenreiz entsteht, kann heute durch den Einsatz von Real-Time Verfahren wie Ultraschall, konventionelle Durchleuchtung oder CT-Durchleuchtung ausgeglichen werden.

- Punktionstechnik

Mitte der achtziger Jahre wurde die Durchleuchtung von der Computertomographie als Methode der Wahl zur Punktion von Lungenrundherden abgelöst. So kann der Punktionsweg unter Vermeidung von Fissuren und Emphyseblasen und größeren Gefäßen gewählt werden. Für dorsale Rundherde wird der Patient in Bauchlage und für ventrale in Rückenlage platziert. Bei Punktionen im laterosternalen Bereich muss vor der Punktion mittels eines CT-Angiographie-Scans ausgeschlossen werden, dass die Arteria thoracica interna in der geplanten Punktroute liegt [31]. Sollte ein atelektatischer Lungenbereich vorhanden sein, so trägt es zu Risikominimierung bei, diesen auf dem Weg zur Punktion zu durchqueren. Bei kleinen subpleuralen Läsionen wird ein längerer, schräger Einstichkanal empfohlen, da die Nadel bei einem sehr kurzen Stichkanal leicht dislozieren kann [28]. Die Feinnadel hat sich als diagnostisches Werkzeug für die Biopsie intrapulmonaler Läsionen durchgesetzt. Infolge einer Studie von Goralnik et al [33]



Abbildung 6: CT-gezielte Punktion eines 1,2 cm großen RH im re. OL; Entwicklung eines mäßiggradigen Pneumothorax; Diagnose: Adenokarzinom der Lunge

wurden aber auch Grobstanznadeln wieder eingeführt, da sie die diagnostische Ausbeute deutlich erhöhen. Aufgrund der damit verbundenen, erhöhten Komplikationsrate bleiben Grobstanzbiopsien der Lunge speziellen Indikationen vorbehalten. Sie dienen an erster Stelle der Punktion von Läsionen, die eine direkte Verbindung zur Pleura besitzen.

Der Eingriff erfolgt in Lokalanästhesie und eine systemische Sedierung ist Ausnahmefällen vorbehalten, da die volle Kooperation des Patienten benötigt wird. Um die Verletzung der Interkostalarterie oder des Interkostalnervs zu vermeiden, sollte die Punktion in der Nähe des oberen Rippenrandes durchgeführt werden [2]. Sollte eine Winkelkorrektur der Nadel nötig sein, so kann diese durch Zurückziehen und neuerliches Vorschieben der Nadel im korrigierten Winkel erfolgen. Zu beachten ist dabei, dass die Nadelspitze das Lungenparenchym dabei nicht verlässt um mehrfache Perforationen der Pleura zu vermeiden.

Unmittelbar nach der Punktion wird ein Kontroll-CT-Scan angefertigt um Frühkomplikationen auszuschließen. Ist auch die abschließende Kontrolle nach 2-4 Stunden unauffällig, kann der Patient nach Hause entlassen werden. Zuvor muss er allerdings darüber aufgeklärt werden, dass er beim Auftreten von Atembeschwerden, massiver Hämoptysis oder Brustschmerzen unverzüglich wieder in der betreffenden Abteilung vorstellig werden muss.

- **Komplikationen**

- Pneumothorax

- Der Pneumothorax ist die häufigste Komplikation, die bei der perkutanen Lungenbiopsie auftritt. Er wird von verschiedenen Autoren mit einer Häufigkeit von 8-61% angegeben [25, 30-32, 34, 35]. Bei sorgfältiger Durchführung und einem gemischten Patientengut dürfte sich die Häufigkeit zwischen 10-25% bewegen. Die Anlegung einer Thoraxsaugdrainage ist bei 0,4-14,3% der Patienten erforderlich [34]. Als Risikofaktoren gelten mehrfache Punktionen der parietalen Pleura in einer Sitzung, die Durchquerung von Fissuren, kleine, tiefsitzenden Läsionen, vorbestehende Lungenerkrankungen wie COPD oder eines schweren Lungenemphysems, die Verwendung von Nadeldicken größer als 18 Gauge und mangelnde Erfahrung des Untersuchers. Um das Pneumothoraxrisiko möglichst gering zu halten, sollte die Punktion bei angehaltenem Atem, am besten in Inspiration, erfolgen, da hier die Lage der Läsionen am stabilsten ist [36]. Ein

kleiner asymptomatischer Pneumothorax kann konservativ behandelt werden, während ein ausgeprägter Mantelpneumothorax das Anlegen einer Saugdrainage, eine Verlaufskontrolle und die Verlegung der Patienten auf die Thoraxchirurgie verlangt. Nach Murphy et al [34] sollte der behandelnde Radiologe im Stande sein die Saugdrainage selbst anzulegen um eine Verzögerung der Therapie zu vermeiden. Um dieser Forderung gerecht zu werden muss das benötigte Equipment im Behandlungsraum vorhanden sein. In seltenen Fällen kann es auch zur Ausprägung eines Spannungspneumothorax kommen, der zu den lebensgefährlichen Biopsiekomplikationen zu zählen ist. Um die Progression eines postpunktionellen Pneumothorax zu vermindern, wird der Patient auf die Seite der Punktion gelagert, und mit einer Sauerstoffmaske versorgt. Husten oder Reden sollte er soweit wie möglich vermeiden. Die leicht erhöhte Pneumothoraxrate bei CT-gezielten Lungenpunktionen gegenüber den anderen bildgebenden Verfahren ist dadurch zu erklären, dass komplexe Fälle überwiegend unter CT-Kontrolle durchgeführt werden.

Hämoptysis

Hämoptysis tritt als Komplikation bei 5-15% der Patienten nach perkutaner Lungenbiopsie auf [25, 34]. Der Bluthusten ist die Folge einer Verletzung der Lungengefäße und kommt in der überwiegenden Zahl der Fälle durch geeignete Lagerungsmaßnahmen nach wenigen Minuten zum Stillstand. Schwere Blutungen sind selten, stellen aber trotzdem die häufigste Ursache für Todesfälle im Rahmen von Lungenpunktionen dar. Ein erhöhtes Risiko einer Lungeneinblutung ist bei Patienten mit Blutgerinnungsstörungen oder pulmonalem Hochdruck vorhanden. Ein weiterer Risikofaktor ist die Verwendung von Grobstanznadeln mit einem Durchmesser größer als 18 Gauge. Kleinere Blutungen können durch Lagerung auf die Seite der Punktion behandelt werden, während persistierende Blutungen bronchoskopisch tamponiert werden müssen.

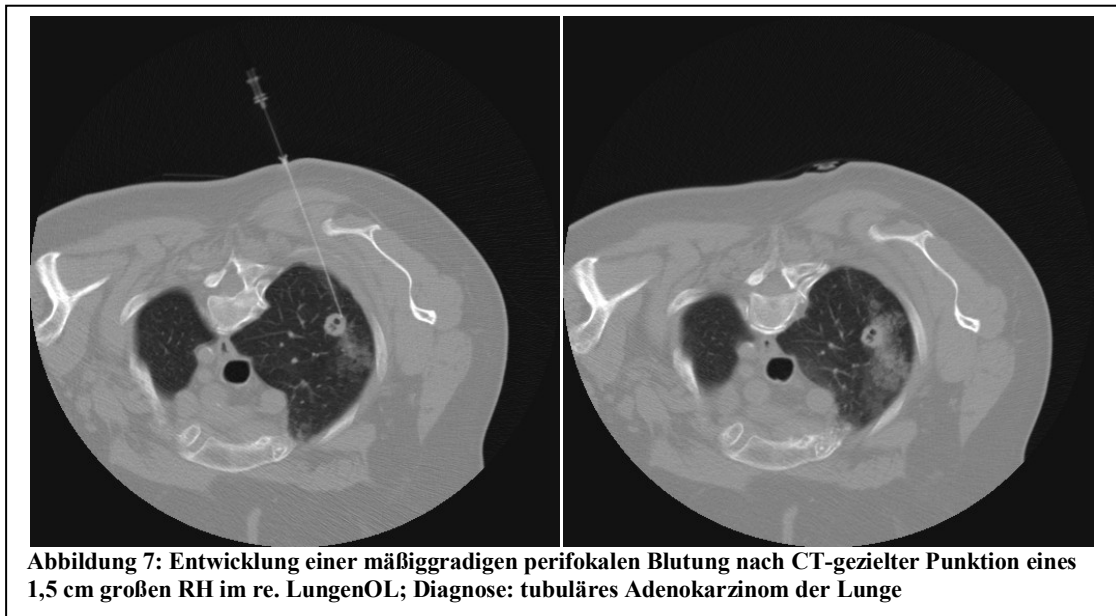
Luftembolie

Luftembolien im Rahmen von perkutanen Thoraxbiopsien sind in der Literatur nur als Einzelfälle beschrieben [31]. Als Risiko gilt die Verwendung von Grobstanznadeln, eine Verzögerung beim Anstecken der Spritze auf die Biopsienadel oder ein plötzlich erhöhter Druck in den Atemwegen im Rahmen

eines Hustenmanövers. Eine Luftembolie kann sich im Rahmen von neurologischen Symptomen oder kardialen Arrhythmien manifestieren [30]. Patienten mit diesen Symptomen müssen linksseitig gelagert werden eine Sauerstoffmaske erhalten und auf dem schnellsten Weg einer hyperbaren Sauerstofftherapie zugeführt werden.

Stichkanalmetastasierung

Als ähnlich selten wie die Luftembolie wird die Stichkanalmetastasierung in der Literatur beschrieben. Trotzdem muss die Indikation für eine diagnostische Punktion von einer potentiell operablen Läsion genau geprüft werden, um das Risiko einer Tumorzellverschleppung zu minimieren.



- Ergebnisse

Die perkutane Lungenbiopsie ist eine sehr gute Methode zur Sicherung von malignen Herdbefunden. Dennoch ist es wesentlich, resektable Tumoren bei starkem Verdacht auf Malignität primär der Operation zuzuführen, und diese nicht durch diagnostische Maßnahmen zu verzögern. Die Sensitivität von perkutanen Lungenpunktionen wird in der Literatur mit 72 bis 99% angegeben, während die Spezifität fast 100% erreicht [2, 28, 30]. Die Trefferquote liegt bei 81-88% [2]. Falsch positive Resultat finden sich nur in 2-4% der Fälle während der negativ-prädiktive Wert 84-96% beträgt [30, 37]. Gründe für falsch negative Biopsieergebnisse sind laut Murphy et al. [34] ein Verfehlen der Läsion, Probenentnahme aus dem nekrotischen Areal des Tumors, schlecht zytologische

oder histologische Probenaufarbeitung oder eine Biopsie aus der, den Tumor umgebenden, entzündlich veränderten Randzone. So wird ein negatives Biopsieresultat bei einem dringenden Verdacht auf Malignität nur selten primär akzeptiert sondern in der überwiegenden Zahl der Fälle einer Rebiopsie angeordnet. Dieses Vorgehen ist durchaus gerechtfertigt, da in 37% dieser Rebiopsien eine maligne Erkrankung der Lunge diagnostiziert wird [38]. Ein spezifischer Befund wie z. B. fokale Entzündungen hilft die Zahl von explorativen Thoracotomien und die damit verbundenen Kosten und Unannehmlichkeiten für die Patienten zu senken.

1.4.1.2 Mediastinum

- Indikation

Für die Abklärung von suspekten Expansionen des Mediastinum kann die operative Thoraxöffnung, die bronchoskopische Probenentnahme, die endoskopisch ultraschall-gezielte oder transthorakale perkutane Biopsie herangezogen werden. Die Operation ist das Mittel der Wahl für resektable Tumoren mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Malignität. Die bronchoskopische Biopsie hat sich für Läsionen bewährt, die sich in unmittelbarer Nähe der großen Bronchien befinden oder diese infiltrieren. Expansionen ohne Anschluss an das Bronchialsystem können im Rahmen der Punktion nicht dargestellt und somit der Entnahmeort des Gewebes nicht dokumentiert werden. Dieser Nachteil wird bei der endoskopischen, ultraschall-gezielten Punktion durch die Real-Time-Fähigkeit der Sonographie aufgehoben. Als Indikation für die perkutane Biopsie gilt eine Läsion, die mediastinoskopisch oder bronchoskopisch nicht zugänglich ist [39].

- Punktionstechnik

Die Computertomographie ist das Mittel der Wahl um die komplizierten anatomischen Strukturen des Mediastinums genau darzustellen und eine sichere Punktion zu ermöglichen. Für ausgewählte Fälle kann auch der Ultraschall als Bildgebung eingesetzt werden. In der Vorbereitung muss ausgeschlossen werden, dass es sich bei dem Ziel um eine stark durchblutete Expansion handelt. Um alle vaskulären Strukturen vor der Punktion sicher abzugrenzen, ist es sinnvoll eine Kontrastmitteldarstellung des Mediastinum anzufertigen [2]. Infolgedessen können

aberrante Gefäßverläufe und die Beziehung der Läsion zum Gefäßsystem schon im Vorfeld erkannt und Komplikationen vermieden werden.

Die Auswahl der Biopsienadel richtet sich nach der Größe und Lokalisation der Läsion, dem gewählten Zugangsweg und seiner Beziehung zu den vitalen Strukturen im Mediastinum, nach der erwarteten Pathologie und der benötigten Menge Gewebe um zu einer sicheren Diagnose zu gelangen [39]. Während die Feinnadelaspiration gute Ergebnisse bei der Diagnose von Karzinometastasen liefert, eignet sich die Stanzbiopsie vor allem für die Diagnose von nicht karzinomatösen Neoplasien, Lymphomen und benignen Läsionen [5].

Der Zugangsweg richtet sich nach der Lage der Läsion und den vorgelagerten Knochen, Gefäßen, Nerven und der Lunge. Um pulmonale Komplikationen zu vermeiden ist es sinnvoll den Punktionsweg auf den Mediastinalraum zu beschränken und eine Perforation der Pleura zu vermeiden.

Für Expansionen im vorderen und in Teilen des mittleren Mediastinums, wird ein parasternaler Zugangsweg gewählt. Unbedingt zu vermeiden ist die Perforation der Arteria thoracica interna, die aus der Arteria subclavia entspringt und gemeinsam mit der Vena thoracica interna, etwa 1-2 cm lateral des Sternums in der Fascia endothoracica abwärts verläuft [40]. Eine Verletzung dieser Gefäße führt zu einer lebensbedrohlichen intra- und extrapleuralem Blutung.

Der paravertebrale Zugang wird für Läsionen des hinteren Mediastinums gewählt. Bei dieser Technik wird ein extrapleuraler Zugangsweg in unmittelbarer Nähe zum Wirbelkörper zwischen der Fascia endothoracica und der parietalen Pleura gewählt. In der überwiegenden Zahl der Patienten ist dieser Spalt zu eng um eine Punktion sicher durchführen zu können. Aus diesem Grund muss er im Rahmen der Punktion durch Injektion einer physiologischen Kochsalzlösung erweitert werden. Potenziell gefährdete Strukturen dieses Eingriffs ist die Azygosvene, die paravertebralen Gefäße, die intercostalen Nerven und Gefäße, die Spinalnerven, der Vagusnerv und der Ösophagus.

Strukturen, die dem Sternum dorsal anliegen und die von parasternal nicht zugänglich sind, werden mit Hilfe des transsternalen Zugangs erreicht. Das Sternum kann entweder mit einer konventionellen 18-Gauge Biopsienadel oder mit speziellen Knochennadeln (z. B.: Ostycut Biopsienadel) durchdrungen werden. Durch diesen Arbeitskanal kann anschließend die Probeentnahme mit kleineren Stanz- und Aspirationsbiopsienadeln erfolgen [39].

Ein transpulmonaler Zugangsweg sollte mit strenger Indikationsstellung und nach Ausschluss aller bisherig beschriebenen Zugangsmodalitäten erfolgen. Das Durchqueren von Lungengewebe und das zweimalige Perforieren der Pleura erhöhen die Blutungs- und Pneumothoraxgefahr, im Vergleich zur Punktion eines Lungenrundherdes, erheblich.

Der Eingriff wird bevorzugt auf ambulanter Basis durchgeführt. Ein unauffälliges Kontroll-CT unmittelbar nach dem Eingriff und ein symptomfreies Intervall von 1 bis 3 Stunden sind die Voraussetzung für die Entlassung des Patienten. Sollte es im Rahmen des Eingriffes zu einer Perforation der Pleuraoberfläche gekommen sein, empfiehlt es sich vor der Entlassung ein Thoraxröntgen zum Ausschluss eines Pneumothorax anzufertigen [39].

- Ergebnisse

Bei Vermeidung eines Zugangsweges durch die vizerale Pleura treten Komplikationen seltener auf als bei der Punktion von intrapulmonalen Rundherden [2]. Die Sensitivität und Spezifität für die Diagnose einer malignen Erkrankung im Mediastinum wird nach Morrissey et al. [41] mit 90% und 100% im Rahmen der Feinnadelpunktion und mit 96% und 100% für die Stanzbiopsie beschrieben. In der untersuchten Serie von 94 Fällen trat nur eine einzige behandlungswürdige Komplikation in Form eines Pneumothoraxes auf.

1.4.1.3 Pleura

- Indikation

Maligne, infektiöse oder entzündliche Erkrankungen des Brustfells äußern sich oft entweder durch eine Verdickung desselben oder durch eine Flüssigkeitsansammlung im Pleuralspalt, einem Pleuraerguss. Oft treten diese Symptome bei einem Patienten gemeinsam auf und werden durch eine routinemäßig durchgeführte Thoraxröntgenaufnahme entdeckt. Ein beidseitiger Pleuraerguss ist eine häufige Begleiterscheinung im Rahmen von Pneumonien oder einer Linksherzinsuffizienz und bedarf bei Bestehen einer dieser Krankheiten keiner weiteren Abklärung. Stellt sich die Flüssigkeitsansammlung aber einseitig dar oder bleiben die Ursachen für einen Erguss unklar, so sind weitere Untersuchungen dringend angezeigt [42]. Da die Punktion und zytologische Untersuchung eines pleuralen Ergusses nur in weniger als 60% der Fälle zu einer

endgültigen Diagnose führt, sollten im Rahmen einer Biopsie auch histologische Proben entnommen werden [43]. Neben einer sicheren Unterscheidung zwischen benignen und malignen Prozessen ist die histologische Untersuchung auch bei einer Subklassifizierung von Lymphomen hilfreich und ermöglicht so die rasche Einleitung einer spezifischen Therapie. Auch für die, pathologisch oft schwer zu klassifizierenden, Pleuramesotheliome ist eine histologische Untersuchung von großem Vorteil [2].

Während Pleuraergüsse bei bestehenden Vorerkrankungen (s.o.) nicht in jedem Fall untersucht werden müssen, gilt diese Regel nicht für diffuse oder noduläre Veränderungen der Pleura. Nur anhand der, aus einer Biopsie gewonnenen, Proben kann eine benigne Pleurafibrose sicher von einem Pleuramesotheliom, einer Karzinometastase oder einem Lymphom unterschieden werden [42].

- Punktionstechnik

Die CT-gezielte Punktion ist eine ausgezeichnete Methode um Probeentnahmen aus noduläre Veränderungen und Verdickungen der Pleura sicher und genau durchzuführen. Die thorakoskopische Biopsie eignet sich hingegen besonders für Patienten, bei denen auch nach der Applikation von Kontrastmittel auf der CT-Aufnahme keine umschriebenen pathologischen Prozesse sichtbar sind. Die großflächige Darstellung des Brustfells im Rahmen der Thorakoskopie ist hilfreich um bei diffusen Veränderungen repräsentatives Gewebe zu entnehmen. Läsionen, die von einem Pleuraerguss begleitet werden, können, bei Vorhandensein eines geeigneten Schallfensters auch unter sonographischer Hilfe punktiert werden.

Die oberflächliche Lage der pleuralen Expansionen erlaubt die Verwendung von dickeren Nadeln (20 bis 14 Gauge) ohne ein signifikantes Ansteigen der Komplikationsrate. So können Proben besserer Qualität entnommen werden, die eine zytologische und histologische Aufarbeitung erlauben. Darüber hinaus ist es wichtig den Stichkanal knapp über der Rippenoberkante zu führen um die Verletzung der interkostalen Gefäße und Nerven zu vermeiden. Die Entnahme von multiplen Biopsien aus verschiedenen Arealen des Tumors und der Einsatz einer Abstrichbürste, um die Zellen für die zytologische Aufarbeitung von einer möglichst großen Fläche der Pleura zu gewinnen, sind Methoden um die diagnostische Ausbeute weiter zu steigern [42].

Es gibt keine absoluten Kontraindikationen für die perkutane Pleurapunktion. Die relativen Kontraindikationen stimmen mit den unter Kapitel 1.3.9 beschriebenen, allgemeinen Gegenanzeigen für perkutane Punktionen überein.

- **Komplikationen**

Als Komplikationen werden die Entstehung eines Pneumo- oder Hämatothoraxes und die Gefahr der Verletzung von Lunge, Leber, Milz oder Zwerchfell angegeben. Die Rate mit der diese auftreten liegt zwischen einem und fünf Prozent [5, 42, 43]. Patienten, bei denen sich radiologisch ein Pleuraerguss darstellt, können durch diesen hindurch mit einer noch geringeren Komplikationsrate punktiert werden.

Zwar ist in den meisten Organsystemen nach perkutanen Biopsien das theoretische Risiko einer Stichkanalmetastasierung gegeben, doch bewegt sich dieses meist auf einem extrem niedrigen Niveau. Im Gegensatz dazu kommt es nach einer Probeentnahme aus einem Pleuramesotheliom bei 5% der Patienten zu einer Stichkanalmetastasierung [43]. Diese gefürchtete Komplikation bedeutet für Patienten mit einem potenziell kurativen Therapieansatz eine massive Verschlechterung ihrer Prognose und stellt für Patienten im palliativen Setting eine erhebliche Einschränkung ihrer Lebensqualität dar. Um das Risiko einer Stichkanalmetastasierung so gering wie möglich zu halten ist es sinnvoll, anschließend an die pathologische Verifizierung eines Mesothelioms, den Stichkanal einer prophylaktischen Strahlentherapie zu unterziehen[43].

- **Ergebnisse**

Die Pleura ist einer Biopsie gut zugänglich und liefert daher auch verlässliche Ergebnisse. Da die meisten Erkrankungen der Pleura mit einer unspezifischen Entzündungsreaktion einhergehen, liefert die kombinierte Entnahme einer Aspirationszytologie und mehrere Stanzbiopsien im Rahmen eines Eingriffes die besten Ergebnisse. Während die diagnostische Ausbeute der nicht-bildunterstützten Abramsbiopsie bei 44% lag, konnte sie durch den Einsatz der Sonographie auf 70% gesteigert werden. Für die CT-gezielte perkutane Pleurabiopsie wird eine Sensitivität von über 80% und eine Spezifität von 100% beschrieben [5, 42, 43].

1.4.2 Abdomen/Becken

1.4.2.1 Leber

- Indikation

Zur Abklärung von Leberläsionen empfiehlt es sich primär nicht-invasive bildgebende Verfahren wie die Sonographie, dynamisches CT, die Szintigraphie oder die Magnetresonanztomographie heranzuziehen [2]. Mit diesen Verfahren ist es möglich Zysten, Hämangiome oder eine fokale noduläre Hyperplasie zu diagnostizieren, ohne den Patienten dem, wenn auch geringen, Risiko einer Punktion auszusetzen [36]. Mit einer Feinnadel ist es zwar möglich Hämangiome ohne erhöhte Komplikationsrate zu biopsieren, doch sollte dieser Eingriff nur durchgeführt werden, wenn er auch Konsequenzen im Bezug auf das Therapieschema nach sich zieht [18].

Zur minimalinvasiven Abklärung von Leberläsionen stehen drei Techniken zur Verfügung. Die Laparoskopie ermöglicht einen guten Überblick im gesamten Abdominalraum und eignet sich besonders für Biopsien in der zirrhotischen Leber und zum Staging von hepatozellulären Karzinomen. Als Nachteil ist allerdings die erforderliche Allgemeinnarkose anzuführen. Die transvenöse Biopsie durch die Vena jugularis interna oder die Vena femoralis communis lässt sich bei Patienten mit nicht-korrigierbaren Gerinnungsstörungen oder einem massiven Aszites komplikationsarm durchführen. Auch stark durchblutete Tumoren und diffuse pathologische Prozesse der Leber können mit dieser Methode sicher abgeklärt werden [44]. Eine Mittelstellung nimmt schließlich die perkutane Leberbiopsie ein. Sie ist weniger invasiv als die Laparoskopie und vielseitiger einsetzbar als die transvenöse Biopsie [25]. Die perkutane Biopsie hilft bei der Abklärung von fokalen Leberläsionen unklarer Dignität, bei der Diagnose, dem Staging und Grading von Hepatits B und C, alkoholischer und nicht alkoholischer Steatohepatitis und Autoimmunhepatitis. Außerdem wird sie zur Diagnose und Stadieneinteilung von Morbus Wilson, der primär sklerosierenden Cholangitits und der primär biliären Zirrhose sowie bei der Beurteilung von Abstoßungsreaktionen nach Lebertransplantationen eingesetzt. Des Weiteren können 90% der serologisch entdeckten Leberfunktionsstörungen mit einer Biopsie geklärt werden [44].

Die Kontraindikationen für die perkutane Leberbiopsie unterscheiden sich nicht wesentlich von den allgemeinen Kontraindikationen für perkutane Biopsien die unter 1.3.9 beschrieben sind. Darüber hinaus sollten Patienten mit Gallenabflussstörungen nicht biopsiert werden, da sie ein erhöhtes Risiko für die Ausbildung eines Bilioms oder einer biliären Peritonitis aufweisen[18]. Auch die Punktion einer Echinokokkuszyste ist durch serologischen Ausschluss dieser Krankheit in der Vorbereitungsphase des Eingriffs zu vermeiden.

- Punktionstechnik

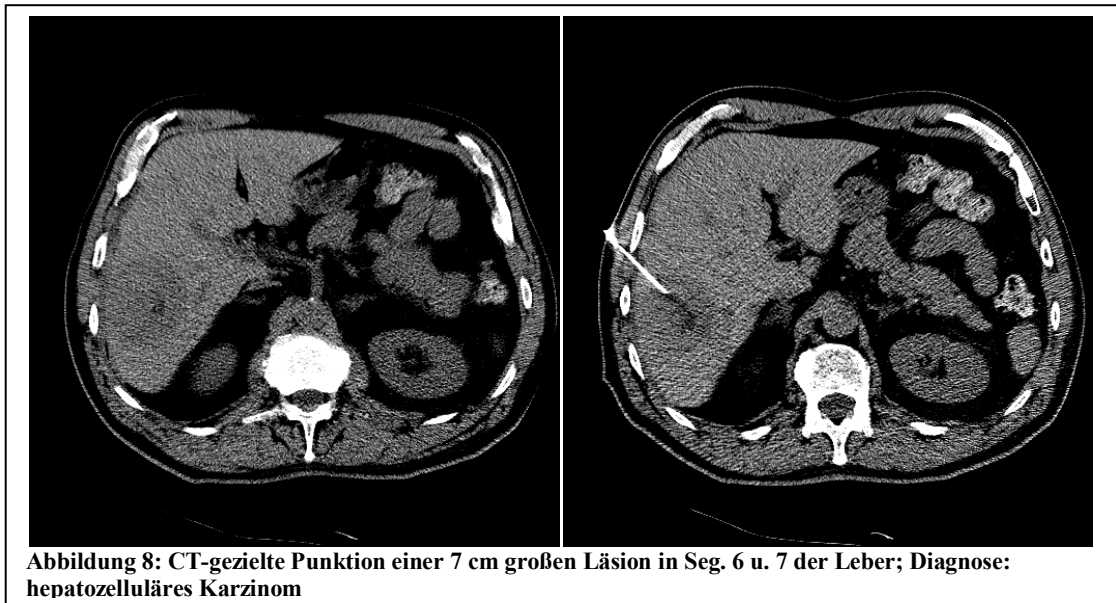
Als bildgebendes Verfahren im Rahmen der Leberbiopsie wird die Sonographie aufgrund ihrer Real-Time Fähigkeit und breiten Verfügbarkeit am häufigsten verwendet. Die Computertomographie liefert allerdings mindestens gleichwertige Resultate bei einer ähnlichen Komplikationsrate [2].

Der beste Biopsieweg ist die kürzeste Distanz zwischen Haut und Läsion. Ausgenommen von dieser Regel sind oberflächliche, gefäßreiche Tumoren. In diesen Fällen ist ein tangentialer, längerer Stichkanal zu wählen, da dieser sich im Falle einer Blutung selbst tamponiert [2]. Auch senkt es die Komplikationsrate wenn der Stichkanal durch gesundes Lebergewebe führt. Läsionen die weit kranial unter der Pleurakuppel liegen und in voller Inspiration nicht auf einem extrapleuralem Weg erreicht werden können, müssen in Rechtsseitenlage punktiert werden. Da die Recessus in dieser Position so wenig Lungengewebe wie möglich enthalten, nimmt die Wahrscheinlichkeit eines Pneumothoraxes in dieser Lagerung ab [5]. Große Aszitesmengen erhöhen ebenfalls die Komplikationsrate. Sie müssen entweder vor der Biopsie abpunktiert werden oder es ist ein transvenöser Zugangsweg zu wählen [45].

Für die diagnostische Leberpunktion können sowohl Grobstanznadeln, Feinstanznadeln als auch Feinnadeln für die Aspirationszytologie verwendet werden. Bei der Diagnose von benignen Läsionen ist die Stanzbiopsie der Feinnadelaspiration überlegen. Um eine Stanzbiopsie auch bei Patienten mit schlechter Blutgerinnung (20.000-50.000 Thrombozyten/mm² sicher durchführen zu können wird das Einbringen von Gelfoam Partikeln in den Stichkanal empfohlen [25].

Die Biopsie wird, mit Ausnahme von Hochrisikopatienten, auf ambulanter Basis durchgeführt. Laut einer Forderung des Patient Care Committee der American

Gastroenterological Association sollte ein Patient nur entlassen werden, wenn sicher gestellt ist, dass er spätestens 30 Minuten nach Einsetzen erster Symptome wieder im Krankenhaus sein kann und er kein erhöhtes Risiko in Verbindung mit der Punktion aufweist. Sollten in der sechsständigen Monitoringphase nach der Punktion Komplikationen oder Schmerzen auftreten, so ist der Patient stationär aufzunehmen [44].



- Ergebnisse und Komplikationen

Die bildgesteuerte Leberbiopsie hat sich als sichere und kosteneffektive [24] Methode zur Diagnose von hepatischen Pathologien bewährt. In der Literatur wird die Sensitivität zwischen 83% und 99% und die Spezifität zwischen 89% und 100% angegeben. Die Treffgenauigkeit liegt zwischen 80% und 97% [2, 44-46].

Die Komplikationsrate der perkutanen Leberbiopsie wird mit unter 5% angegeben[18]. Häufige Komplikationen sind in die rechte Schulter ausstrahlende, dumpfe Schmerzen und Blutungen. Während subkapsuläre Hämatoome meist selbstlimitierend sind und durch Schmerzen auffallen, werden Blutungen in den freien Bauchraum vom Patienten selbst spät bemerkt und können zu lebensbedrohlichen Situationen führen. Nach eine Studie von Hegarty et al. [47] kam es in einer Serie von 4000 Leberbiopsien zu einem Todesfall und 8 Notfalllaparotomien im Rahmen von Blutungskomplikationen. Seltener Zwischenfälle sind Infektionen, Stichkanalmetastasierung, die Ausbildung eines Pneumothorax nach transpleuralem Zugangsweg und der Ausbildung von bilio-portalen Fisteln.

1.4.2.2 Pankreas

- Indikation

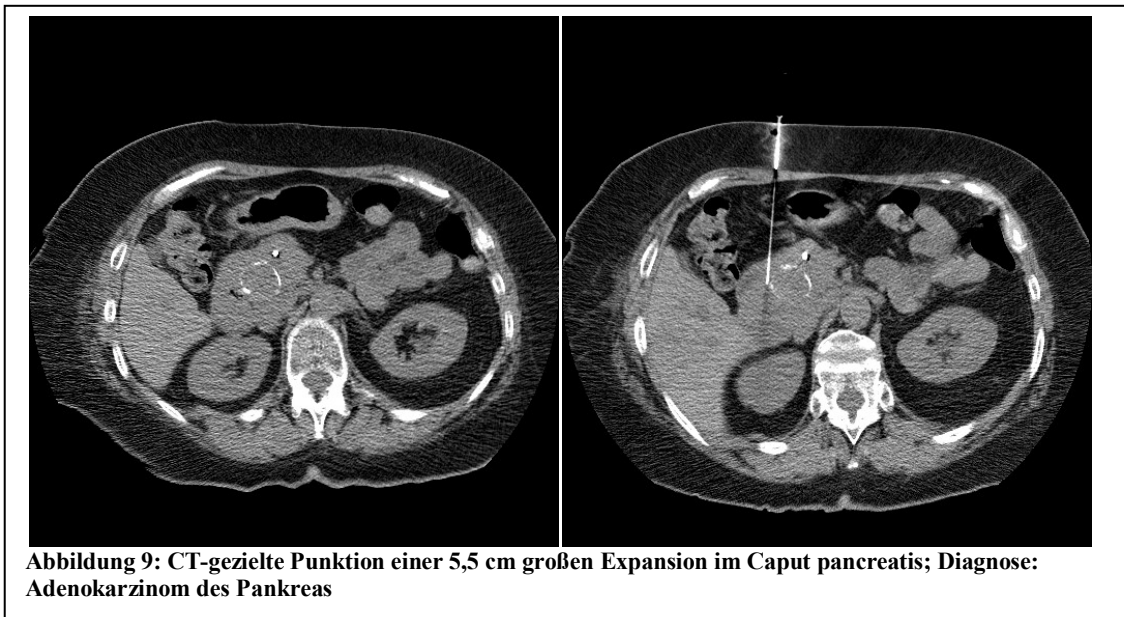
Für die Probeentnahme aus dem Pankreas stehen drei nicht-operative Techniken zur Verfügung. Die endobiliäre Bürstenzytologie, im Rahmen einer endoskopisch retrograden Cholangiopankreaticographie, ist Läsionen mit Anschluss an das Pankreasgangsystem vorbehalten. Die endoskopisch ultraschallgezielte Feinnadelbiopsie ermöglicht die Biopsie von kleinen Läsionen, die im CT nicht darstellbar sind. Die perkutane Pankreaspunktion dient der Abklärung suspekter Expansionen des Pankreaskopfs und –schwanzes, der Untersuchung nicht-resektabler Karzinome des Pankreaskörpers und präoperativen Staging- und Gradinguntersuchungen von bekannten Malignomen. Darüber hinaus wird sie bei der Abklärung von peripankreatischer Lymphadenopathie, der Diagnosesicherung einiger benignen Läsionen und der Keimverifizierung mit Erstellung eines Antibiotogramms im Rahmen von Abszessen, Pseudozysten oder nekrotischen Pankreasarealen eingesetzt [2, 25].

- Punktionstechnik

Annähernd alle Läsionen des Pankreas können auf einem ventral oder ventrolateral geführten Zugangsweg erreicht werden. In der Mehrzahl der Fälle ist aber eine Passage des Magens, der Leber oder des Darms notwendig. Eine Passage durch die genannten Organe kann unter Verwendung einer Feinnadel (20-23 Gauge) ohne erhöhte Komplikationsrate durchgeführt werden [2, 28]. Für die Fall eines Zugangsweges mit Passage des Magens ist eine sechsstündige Nahrungskarenz des Patienten vor dem Eingriff gefordert [36]. Bei Expansionen des Pankreasschwanzes ist fallweise ein paravertebraler Zugang möglich, sodass außer dem Zielorgan keine weiteren Organe durchquert werden müssen. Bei diesem Zugang kann hingegen eine Passage der unteren Hohlvene erforderlich sein. Unter Verwendung einer 22 Gauge Feinnadel stellten Gupta et al [28] keine erhöhten Raten von schweren Blutungen, im Rahmen von Punktionen durch die Vena cava inferior hindurch, fest.

Die konventionelle Computertomographie, die CT-Durchleuchtung sowie der Ultraschall sind die bevorzugt eingesetzten bildgebenden Verfahren im Rahmen der perkutanen Pankreaspunktion, wobei die beiden letztgenannten durch ihre kontinuierliche Visualisierung des Eingriffs überlegen sind.

Die Punktion sollte in einer einzigen Atempause in Atemmittellage durchgeführt werden, da die Atemexkursion die Lage der intraabdominalen Organe im bezug auf das retroperitoneal fixierte Pankreas, beträchtlich verändern kann [5].



- Ergebnisse und Komplikationen

Die perkutane Pankreasbiopsie liefert durch ihre hohe Trefferquote von 86%-94% gute Hilfestellung bei der Abklärung von suspekten Pankreasläsionen. Die Sensitivität wird mit 69%-100% und die Spezifität mit 87%-100% angegeben [2, 48-51]. Einflüsse auf die Punktionsgenauigkeit haben nach Brandt et al. [49] die Lage und Größe der Läsion und das Kaliber der verwendeten Biospienadel. Ein Schwachpunkt der perkutanen Biopsie ist, dass ein negatives Ergebnis, vor allem im Fall von zystischen Strukturen, eine maligne Erkrankung nicht ausschließt. Eine Studie von Brandt et al. [49] beschreibt, in einer Serie von 211 CT-gezielten Pankreasbiopsien, 30 falsch-negative Ergebnisse (14%). Folglich ist es notwendig bei Verdacht auf ein Pankreaskarzinom und einem nicht eindeutigen Biopsiebefund, die fragliche Läsion entweder erneut zu biopsieren oder eine diagnostische Laparotomie durchzuführen.

Die Komplikationsrate im Rahmen der Pankreasbiopsie liegt zwischen 3% und 6,7% [49]. In 0-6,7% der Fälle sind nach perkutanen Punktionen Hämatome im und rund um das Pankreas zu beobachten [2]. Diese bedürfen erfahrungsgemäß aber keiner Therapie. Weitaus gefährlicher kann das Auftreten von Fistelbildungen und akuten Pankreatitiden werden. Stichkanalmetastasierung nach einer perkutanen Biopsie wird mit einer Inzidenz von 0,003% bis 0,009%

beschrieben [48]. Weitere seltene Komplikationen sind vasovagale Reaktionen und Schmerzen.

1.4.2.3 Niere

- Indikation

Die Entwicklung der modernen bildgebenden Verfahren (US, CT, MRT), ermöglicht heute die nicht-invasive Zuordnung der häufigsten, in der Niere auftretenden, Pathologien. Unter den benignen Läsionen können Zysten, fokale Entzündungen und Angiomyolipome mit hoher Sensitivität ohne das Risiko eines Eingriffs diagnostiziert werden. Ähnlich gut gelingt die Einordnung von malignen Prozessen der Niere, die in der Folge, ohne bioptische Abklärung, der Operation zugeführt werden. So spielte in der Vergangenheit die perkutane Nierenbiopsie im Management von Nierenerkrankungen eine geringe Rolle. Indikationen waren die Verifizierung von renalen Metastasen bei bekannten extrarenalen Malignomen, die Abklärung von inoperablen Läsionen der Niere und die Diagnosesicherung von Expansionen, bei denen ein Grund zur Annahme einer infektiösen Genese bestand. Während die beste Behandlung des Nierenzellkarzinoms die chirurgische Resektion darstellt, konnten so etwa Metastasen, Lymphome oder Abszesse erkannt und einer spezifischen Behandlung zugeführt werden. In den letzten Jahren nahm das allgemeine Interesse in Bezug auf die perkutane Nierenbiopsie wieder zu. Durch die verbesserte räumliche Auflösung von US, CT und MRT kam es zu einer Inzidenzzunahme von Nierentumoren. Auch stieg der Anteil von Tumoren kleiner als 3 cm an der Gesamtheit der entdeckten Tumoren. Je kleiner ein Nierentumor ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um eine gutartige Läsion handelt. Nach Silverman et al [52] ist der Anteil von benignen Läsionen 25% bei Tumoren unter 3 cm, 30% bei Tumoren unter 2 cm und 44% bei Tumoren unter 1 cm.

Im Sinne einer idealen Therapieplanung und ökonomischen Nutzung von Ressourcen ist es wesentlich, Patienten mit einer benignen Erkrankung eine unnötige Operation zu ersparen. Folglich wurden die Indikationen für die perkutane Nierenbiopsie erweitert und den modernen Anforderungen angepasst. Neu entstandene Indikationen sind die Abklärung kleiner Tumoren (unter 3 cm) die sich im CT homogen darstellen, die Diagnosesicherung vor geplanter perkutaner Ablation von Expansionen, die zytologische Untersuchung von suspekten

zystischen Raumforderungen [52], sowie die Aufklärung eines Nierenversagens unbekannter Ursache [53].

- Punktionstechnik

Die Computertomographie und die Sonographie sind die beiden wichtigsten radiologischen Verfahren zur Unterstützung der perkutanen Nierenpunktion. Das CT bietet die bessere räumliche Auflösung und genauere Darstellung der retroperitonealen Strukturen und die schnelle und unproblematische Lokalisierung der Nadel. Im Vergleich zur Sonographie entstehen aber höhere Kosten und der Nadelvorschub kann nicht in Echtzeit kontrolliert werden [54]. Weiters sollten Patienten, bei denen Punktionen in regelmäßigen Abständen notwendig sind (z.B.: Verlaufskontrolle nach Nierentransplantation) primär Ultraschall-gezielt punktiert werden, da die CT-gezielte Punktion zu einer Akkumulation der Strahlenexposition führen würde [2]. Während für die Abklärung von diffusen pathologischen Prozessen der Einsatz von Grobstanznadeln die besten Ergebnisse liefert, ist zur Diagnose von raumfordernden Prozessen die Probeentnahme mit feinkalibrigen Nadeln oft ausreichend [2]. Die besten diagnostische Ausbeute wird aber gewiss mit einer Kombination aus beiden Methoden erzielt.

Die Nierenbiopsie erfolgt im Regelfall von dorsal über einen extraperitonealen Zugang und unter Vermeidung des Pleuraraumes. Der Patient kann entsprechend des Zugangsweges entweder in Bauch- oder in Seitenlage punktiert werden.

- Kontraindikationen

Als absoluten Kontraindikationen gelten, neben den allgemeinen Kontraindikationen für perkutane Biopsien (s. Punkt 1.3.10), ein unkontrollierbarer, schwerer Bluthochdruck und das Fehlen einer zweiten, funktionstüchtigen Niere. Relative Kontraindikationen sind das Bestehen einer schweren Azothämie sowie das Vorhandensein von anatomischen Anomalien die ein erhöhtes Punktionsrisiko erwarten lassen. Patienten mit Entzündungen des Harntrakts oder gar einer Pyelonephritis sollte erst nach Abklingen dieser biopsiert werden [53].

- **Komplikationen**

Bei intakter Blutgerinnung treten Komplikationen im Rahmen perkutaner Nierenbiopsien nur selten auf. Leichte Komplikationen werden in 4,7% bis 6,4% und schwere in 0,3% bis 6,7% der Fälle beschrieben [53, 55]. Da aber Blutungszwischenfälle die häufigste Todesursache im Rahmen von diagnostischen Probeentnahmen aus der Niere darstellen, ist es unerlässlich nach der Punktion auf Anzeichen eines Blutverlustes zu achten. Dieser kann sich in Form von Hypotension, Flankenschmerz oder massiver Hämaturie manifestieren [53]. Von allen Fällen mit ausgedehnten intra- oder perirenaln Hämatomen ist bei 5% mit einem Bedarf an Blutprodukten zu rechnen [2]. Leichte Komplikationen wie geringgradige Hämaturie, Fieberschübe oder ein diskretes perirenales Hämatom bedürfen außer der klinischen Observanz keiner weiteren Therapie [2, 53]. Als sehr selten wurde in der Literatur die Entwicklung eines Pneumothorax beschrieben. Dieser kann aber, bis auf wenige Fälle mit irrtümlichen Punktion des Pleuraspaltes, durch Wahl eines extrapleuraleal Zugangsweges vermieden werden [52]. Eine weitere seltene Komplikation ist die Stichkanalmetastasierung, die in ca. 0.01% aller Punktionen auftritt [52]. Zwar zeigen die wenigen dokumentierten Fälle keinen statistischen Zusammenhang mit den verwendenden Nadeldicken doch kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser Umstand auf die geringen Fallzahlen der Untersuchungen zurückzuführen ist. Zu einer signifikanten Senkung der Implantationsmetastasen hat aber nach internationalem Konsens die Einführung der Coaxialtechnik beigetragen [54].

In den meisten Zentren wird die perkutane Nierenbiopsie auf ambulanter Basis mit einem Beobachtungsintervall von einer bis zu acht Stunden post punktionem durchgeführt. Eine Studie von William et al [56] aus dem Jahr 2003, die sich mit dem zeitlichen Auftreten der Komplikationen beschäftigt, identifiziert einen Beobachtungszeitraum von 24 Stunden als ideal, da 33% der Zwischenfälle erst 8 bis 24 Stunden nach dem Eingriff auftraten.

- **Ergebnisse**

Die perkutane Nierenbiopsie hat sich in den letzten Jahren dank verbesserter Technik und bildgebender Möglichkeiten als sicheres und genaues Verfahren zum Diagnose renaler Pathologien etabliert. Die Treffgenauigkeit wird in allen neueren Studien mit über 90% beschrieben. Währende die Sensitivität zwischen 70% und

100% liegt, wird die Spezifität fast ausschließlich mit 100% angeführt [54]. Während Studien, die vor 2001 publiziert wurden eine Fehlpunktionsrate von 8,9% aufwiesen, sank diese in Studien die im Jahr 2001 und danach erschienen, auf 3,5%. Auch die Rate der falsch-negativen Ergebnisse sank von 4,4% vor 2001 auf 0,7% nach 2001 [55]. Obwohl die Zahl der falsch-negativen Ergebnisse rückläufig ist, stellen diese ein großes Problem im Patientenmanagement dar. So sollten negative Resultate bei Patienten mit dringendem Verdacht auf einen malignen Tumor chirurgisch abgeklärt werden. In einer Studie von Lechevallier et al [57] ergaben die Operationspräparaten in drei von vier beschriebenen Fällen die Diagnose eines malignen Tumors.

1.4.2.4 Nebenniere

- Indikation

Alle unklaren Raumforderungen im Bereich der Nebennieren deren Dignität nicht durch bildgebende Methoden bestimmt werden kann, müssen im Rahmen einer Biopsie abgeklärt werden. Die Nebennieren sind eine häufige Lokalisation für Sekundärabsiedelungen von malignen Tumoren. Vor allem Lungenkarzinome bilden oft Metastasen in diesem Organ aus. Trotzdem ist die bioptische Untersuchung einer verdächtigen, hormoninaktiven Expansion im Bereich der Nebennieren bei bekanntem Primärtumor notwendig, da laut Hendrickx [2] diese Vergrößerung in 55% der Fälle nicht metastatisch bedingt ist. Neben den häufigen benignen Prozessen sind aber auch Erstdiagnosen von primären Malignomen der Nebennieren unter diesen Fällen. Neben der Diagnosesicherung wird auch für Staging- und Gradinguntersuchungen eine histologische Probe benötigt und somit spielt die perkutane Biopsie auch in der Therapieplanung eine unverzichtbare Rolle [25].

Weiters kann ein Befall der Nebennieren im Rahmen einer generalisierten Tuberkulose durch eine Punktion bestätigt oder ausgeschlossen werden.

- Punktionstechnik

Aufgrund der ihrer engen räumlichen Beziehung zu vitalen Strukturen und der tiefen Lagen in der Zwerchfellkuppe sollte die Punktion der Nebennieren primär mit Hilfe der Computertomographie erfolgen [28]. Die geringste Anzahl von Komplikationen erreicht man durch Wahl eines dorsalen Zugangsweges mit dem

Patienten in Seiten- oder Bauchlage. Während die rechte Nebenniere sich nur nach Passage der Leber punktieren lässt, kann die linke auf einem von dorsal Punktionsweg zumeist unter Vermeidung des Lungenrezessus erreicht werden [36]. Weiters ist auf beiden Seiten ein anteriorer transhepatische und auf der linken Seite auch ein posteriorer transrenal Zugang möglich. Um die Komplikation einer Makrohämaturie zu vermeiden wird von einer Durchquerung der Niere auf dem Weg zur linken Nebenniere allerdings eher abgeraten [2].

Während die Feinnadelaspirationszytologie etwas schlechtere Ergebnisse als die Stanzbiopsie erzielt, ist sie doch geeignet um eine Metastasierung im Rahmen eines bekannten Primärtumors zu bestätigen. Für die Abklärung einer unklaren Expansion ohne bekannte maligne Grunderkrankung ist die histologische Abklärung durch eine Stanzbiopsie das Mittel der Wahl.

- **Komplikationen**

Die häufigsten Komplikationen die im Rahmen einer Punktion der Nebennieren auftreten sind Blutungen und ein Pneumothorax. Letzter kann aber durch einen extrapleuralem Zugang vermieden werden. Die Wahrscheinlichkeit für eine Blutung wird mit 12,1% aller Punktionen angegeben [2]. In einer Studie von Welch et al [58], mit 270 Patienten wird eine Komplikationsrate von 2,8% angegeben. Diese steht allerdings nicht in Verbindung mit der verwendeten Nadeldicke. Wichtig ist im Vorfeld einer Punktion ein Phäochromozytom durch serologische Bestimmung der Katecholaminmetaboliten auszuschließen. Die irrtümliche Punktion eines Phäochromozytoms kann eine lebensbedrohliche hypertensive Krise auslösen und es stellt die einzige absolute Kontraindikation für eine Punktion der Nebennieren dar.

- **Ergebnisse**

Die perkutane Punktion ist eine sichere und genaue Methode zur Abklärung von Expansionen der Nebennieren. Die Treffgenauigkeit der CT-gesteuerten Biopsie der Nebennieren wird mit 78-90% angegeben. Die Sensitivität beträgt zwischen 81% und 85% während die Spezifität beinahe 100% erreicht [2, 58, 59]. Als Hauptgrund für missglückte Punktionen werden nach Bernardino et al [59] technische Fehler (seitens des Untersuchers) angegeben.

1.4.2.5 Retroperitoneale/Pelvine Lymphknoten

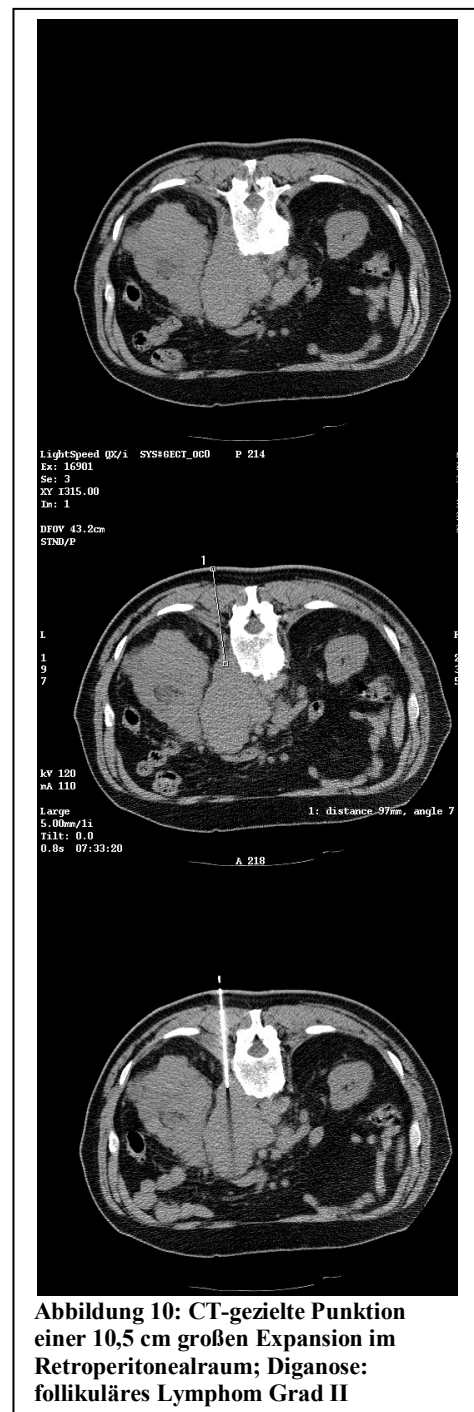
- Indikation

Für die Punktion von suspekten Lymphknoten im Retroperitonealraum und im Becken ist die Computertomographie durch ihre hohe räumliche Auflösung den anderen bildgebenden Verfahren überlegen. Die Dignität von pathologisch vergrößerten Lymphknoten stellt eine häufige Fragestellung im klinischen Alltag dar. Die perkutane Punktion kann zur Abklärung einer Lymphknotenmetastasierung eines bekannten Primärtumors dienen und ist bei der Unterscheidung eines reaktiv vergrößerten Lymphknotens von einem Lymphknotenbefall im Rahmen einer systemischen Erkrankung (z. B. Leukämien, Lymphome) hilfreich [36].

- Punktionstechnik

Für die Punktion von retroperitonealen Expansionen und Lymphknoten empfiehlt sich die Wahl eines dorsalen, paravertebralen Zugangswegs. Da die pathologische Subklassifizierung von Lymphomen aus einem zytologischen Präparat schwierig ist, liegt es nahe im Rahme des Eingriffs auch eine Stanzbiopsie zu entnehmen. Um massive Blutungskomplikationen zu vermeiden ist in dieser Region besonders auf die Schonung der Lumbalarterien zu achten. Im Gegensatz dazu sollte bei interaortocavalen Läsionen zur Sicherheit des Patienten auf eine Stanzbiopsie verzichtet und nur eine Feinnadelaspirationsbiopsie durchgeführt werden. Auch ist diese Region am sichersten durch einen ventralen, transintestinalen Zugang zu erreichen [5].

Die Linea terminalis markiert die Trennlinie für Zugangswege zu pelvinen Läsionen. Liegt das zu punktierende Gewebe kranial davon so ist ein ventraler



Zugangsweg sinnvoll, liegt die Läsion caudal davon so wird ein Stichkanal von dorsal, durch das Foramen ischadicum empfohlen [36]. Besonderes Augenmerk ist bei diesem Zugangsweg auf die Schonung der A. und V. glutea inferior sowie des Nervus ischiadicus zu legen. Durch ihre niedrige Komplikationsrate und hohe Treffgenauigkeit von über 90% ist die Feinnadelpunktion das Mittel der Wahl um eine Metastasierung im Becken auszuschließen oder zu beweisen [5].

- Ergebnisse

Die perkutane Biopsie verdächtiger Lymphknoten des Retroperitonealraums und des kleinen Becken liefert ausgezeichnete Ergebnisse bei einer sehr geringen Komplikationsrate zwischen 1% und 2,6%. Die beschriebenen Komplikationen beschränken sich auf lokale Hämatome, Schmerzen und selbstlimitierende Hämaturie [2, 25]. Die Sensitivität wird mit 95% und Spezifität mit 100% angegeben [2, 36].

2 Spezieller Teil

2.1 Einleitung

Wie im allgemeinen Teil schon dargelegt, stellt die CT-gezielte Punktion ein sicheres und komplikationsarmes Verfahren zur Abklärung von suspekten Läsionen in Organen oder vergrößerten Lymphknoten in Thorax, Abdomen oder Becken dar. Im Rahmen dieser Punktionen kann Gewebe sowohl für die zytologische als auch für die histologische Aufarbeitung gewonnen werden. Idealerweise liefern beide Untersuchungen das gleiche Ergebnis. Erfahrungsgemäß kann jedoch eine der beiden Untersuchungen zu keinem Ergebnis führen, aber auch widersprüchliche Befunde sind möglich. Da die Therapie und Prognose des betroffenen Patienten oft ganz erheblich vom Ergebnis dieser Untersuchungen abhängt, ist bei unterschiedlichen Befunden relevant, welches Verfahren (Aspirationszytologie oder Histologie) die höhere Genauigkeit aufweist.

Da für die Zytologie dünnere Nadeln verwendet werden als für die Histologie ist in weiterer Folge die Häufigkeit negativer Befunde in der Zytologie von Interesse. So

kann bei geringer Häufigkeit auf die Histologie und die damit verbundene, etwas höhere Komplikationsrate verzichtet werden.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte retrospektive Studie soll klären, wie häufig die Zytologie zur keinem Ergebnis führt und wie häufig Zytologie und Histologie unterschiedliche Ergebnisse liefern.

2.2 Material und Methoden

2.2.1 Patientenkollektiv

Die Studie stellt eine retrospektive Analyse von 394 diagnostischen, CT-gesteuerten Punktionen dar, die bei 376 verschiedenen Patienten im Zeitraum vom 11.10.2004 bis zum 14.1.2008 stattgefunden haben. In die Studie eingeschlossen sind Punktionen von suspekten Läsionen der Lunge (n = 192), der Leber (n = 108), des Pankreas (n = 48) und der Lymphknoten (n = 46), bei denen mindestens je eine Feinnadelaspirationszytologie sowie eine Stanzbiopsie

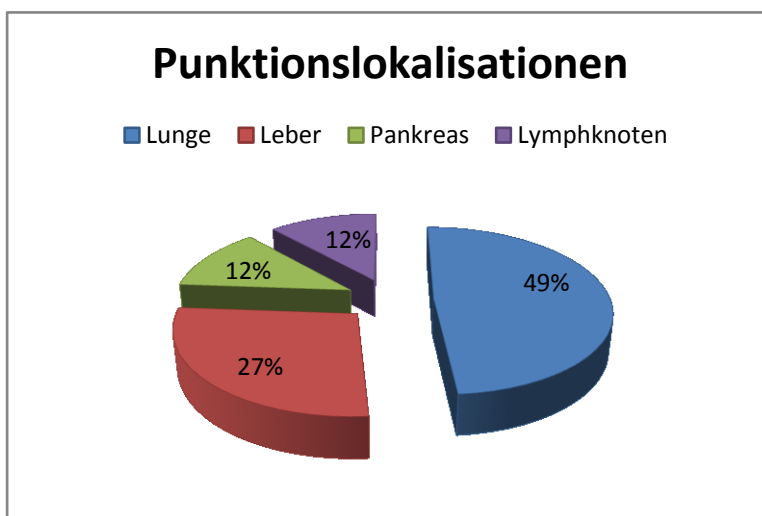


Abbildung 11: Lokalisation der untersuchten Punktionen (n= 394)

entnommen wurde (s. Abb. 6). Das Alter der Patienten lag zwischen 19 und 85 Jahren, wobei der statistische Mittelwert 63,5 Jahre betrug. Die Patientenpopulation bestand aus 237 Männern (= 60,1 %) und 157 Frauen (= 39,9 %).

2.2.2 Punktionstechnik

Die Punktionen erfolgten alle nach sorgfältiger Aufklärung und informierter Zustimmung der Patienten sowie unter Berücksichtigung aller Qualitäts- und Sicherheitsstandards. Die Punktionen wurden von insgesamt neun Fachärzten für

Radiologie durchgeführt wobei 325 von 394 Punktionen (=82.49 %) von zwei Radiologen durchgeführt wurden.

In der Vorbereitung der Punktion wurden bei jedem Patienten die Blutgerinnungsparameter kontrolliert. Nur bei Patienten mit intakter Gerinnung beziehungsweise einer im Vorfeld ausgeglichenen Gerinnungsstörung wurde eine Punktion durchgeführt. Der erste Schritt der Punktion war die Erstellung eines CT-Scans der betroffenen Körperregion und die Planung des Punktionsweges. Nach der Lokalisation der Läsion sowie ihrer Lagebeziehung zu Organen, Gefäßen, Nerven und anderen vitalen Strukturen wurde der risikoärmste Zugangsweg zur Läsion gewählt. Anschließend an die Lagerung des Patienten und die Markierung der Einstichstelle wurde diese mit einem Lokalanästhetikum infiltriert. Fallweise wurde auch eine systemische Sedierung mit Hilfe von Fentanyl durchgeführt.

Die Punktion selbst erfolgte unter sterilen Bedingungen. Die Punktionsnadel wurde freihändig unter CT-Kontrolle in der Läsion platziert und zuerst eine Aspirationszytologie und anschließend drei Stanzbiopsien entnommen. Unter Verwendung der Coaxialtechnik wurden zytologische und histologische Proben aus dem gleichen Arbeitskanal entnommen. Die histologischen Proben wurden mit Truth-Cut-Biopsienadeln, die in einen automatischen Hochgeschwindigkeitsschussapparat eingespannt waren, entnommen. Es kamen 17-Gauge-Coaxialnadel/18-Gauge-Biopsienadelsysteme sowie 19-Gauge-Coaxialnadel/20-Gauge-Biopsienadelsysteme zur Anwendung. Das

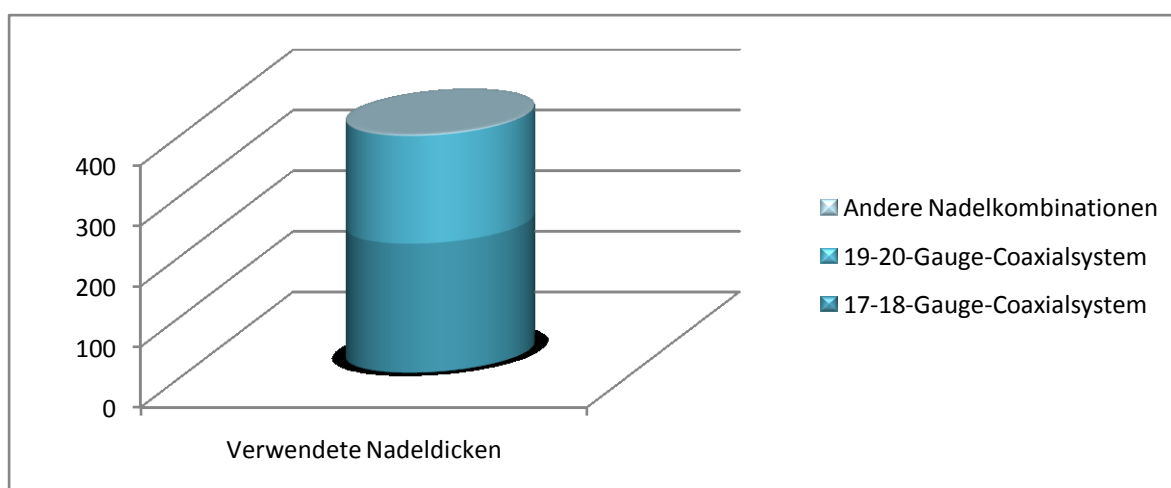


Abbildung 12: Verwendete Nadeldicken

17-18-Gauge-Biopsiesystem wurde in 213 (= 54 %) und das 19-20-Gauge-Biopsiesystem in 178 (= 45,2 %) der 394 Biopsien verwendet. Bei

3 (= 0,8 %) Eingriffen kamen andere Kombinationen von Nadelgrößen zum Einsatz.

Die gewonnenen Stanzzyylinder wurden in Formalinlösung fixiert, aus dem gewonnenen Material bis zu vier Ausstrichpräparate angefertigt und ebenfalls zur Analyse an erfahrene Zytopathologen übergeben. Die Resultate der zytologischen und der histologischen Untersuchungen wurden gesammelt und verglichen.

Alle Komplikationen, die im Rahmen der Punktion auftraten, wurden dokumentiert und ein Teil der Studie befasst sich mit der Auswertung dieser Daten. Als Komplikation wurden alle durch die Punktion hervorgerufenen und im Befund festgehaltenen Veränderungen im Gesundheitszustand des betroffenen Patienten aufgefasst. Weiters wurden auch die Lage, in der jede einzelne Punktion durchgeführt wurde, statistisch erfasst und ausgewertet.

Nach erfolgter Punktion wurde die Punktionsstelle verbunden und der Patient dazu aufgefordert zwei Stunden Bettruhe einzuhalten. Als positives Ergebnis der Punktion wurde ein spezifischer pathologischer Befund gewertet. Das negative Ergebnis der Punktion setzt sich aus den Fällen, in denen nur ungenügendes Material für eine Untersuchung gewonnen werden konnte und aus den Fällen, in denen der Befund nur unauffälliges Gewebe des Zielorgans bzw. keine spezifische Diagnose ergab, zusammen.

2.3 Ergebnisse – Resultate

2.3.1 Resultate ohne Berücksichtigung der verschiedenen Organe

Die Lagerung richtete sich nach der Lokalisation der zu punktierenden Läsion und nach dem ausgewählten Zugangsweg. Von den 394 Punktionen wurden 243 in Rückenlage (= 61,7 %), 146 in Bauchlage (= 37,1 %), 3 in Linksseitenlage (= 0,8 %) und eine in Rechtsseitenlage (= 0,3 %) durchgeführt. Die Durchmesser der punktierten Läsionen reichten von 0,4 cm bis 13,9 cm wobei der Mittelwert 3,4 cm betrug. Die Bildgebung erfolgte in allen Fällen computertomographisch.

Von allen 394 Punktionen kamen die zytologische und die histologische Untersuchung in 241 Befunden (= 61,2 %) zu demselben Ergebnis. Davon waren 143 Befunde übereinstimmend positiv und 98 Befunde übereinstimmend negativ. In 87 Fällen (= 22,1 %) kam die histologische Untersuchung zu einer spezifischen Diagnose während die zytologische Untersuchung negativ verlief. Umgekehrt

verlief die histologische Untersuchung bei positivem zytologischen Befund nur in 7 Fällen (= 1,8 %) negativ. Von 8 Präparaten, die in der histologischen Untersuchung als grenzwertig eingestuft wurden, ergab die zytologische Untersuchung in 4 Fällen ein positives und in 4 Fällen ein negatives Ergebnis. Von den 3 Präparaten, die in der zytologischen Untersuchung als grenzwertig eingestuft wurden, ergab die Histologie in allen drei Fällen ein positives Ergebnis. In 15 von 394 Punktionen (= 3,8 %) lieferten beide Untersuchungen ein positives Ergebnis, wobei sich die positiven Befunde in der zellulären Herkunft der Tumoren unterschieden. In 33 der 394 Punktionen (= 8,4 %) stimmten die pathologischen Befunde in der zellulären Herkunft der Tumoren überein aber unterschieden sich in der Aussage bezüglich der Differenzierung (z.B.: Histologischer Befund: nicht kleinzelliges Karzinom; Zytologischer Befund: Adenokarzinom).

Somit ergab die histologische Untersuchung in 281 von 394 Fällen (= 71,3 %) eine positive, spezifische Diagnose, während der zytologischen Untersuchung dies nur in 202 Fällen (= 51,3 %) gelang.

Zum Auftreten von Komplikationen kam es in 135 von 394 Fällen (= 34,3 %). Zum überwiegenden Teil handelte es sich hierbei um geringe Komplikationen, die keiner Behandlung bedurften. Im Rahmen der 394 untersuchten Punktionen kam es zu keiner Komplikation mit letalem Ausgang.

Von den 394 durchgeführten Punktionen waren bei 18 Patienten jeweils 2 Punktionen im Abstand von mindestens 10 Tagen erfolgt. Von diesen wiederum war bei 12 Patienten das gleiche Organsystem erneut punktiert worden. 9 dieser 12 Patienten sind zur Abklärung eines grenzwertigen, aber nicht sicher pathologischen Befundes erneut punktiert worden. Der pathologische Befund der zweiten Punktion ergab bei 7 dieser 9 Patienten (= 78 %) einen positiven, spezifischen Befund. Bei 2 Patienten (= 22 %) verlief auch das Ergebnis der erneuten Punktion negativ.

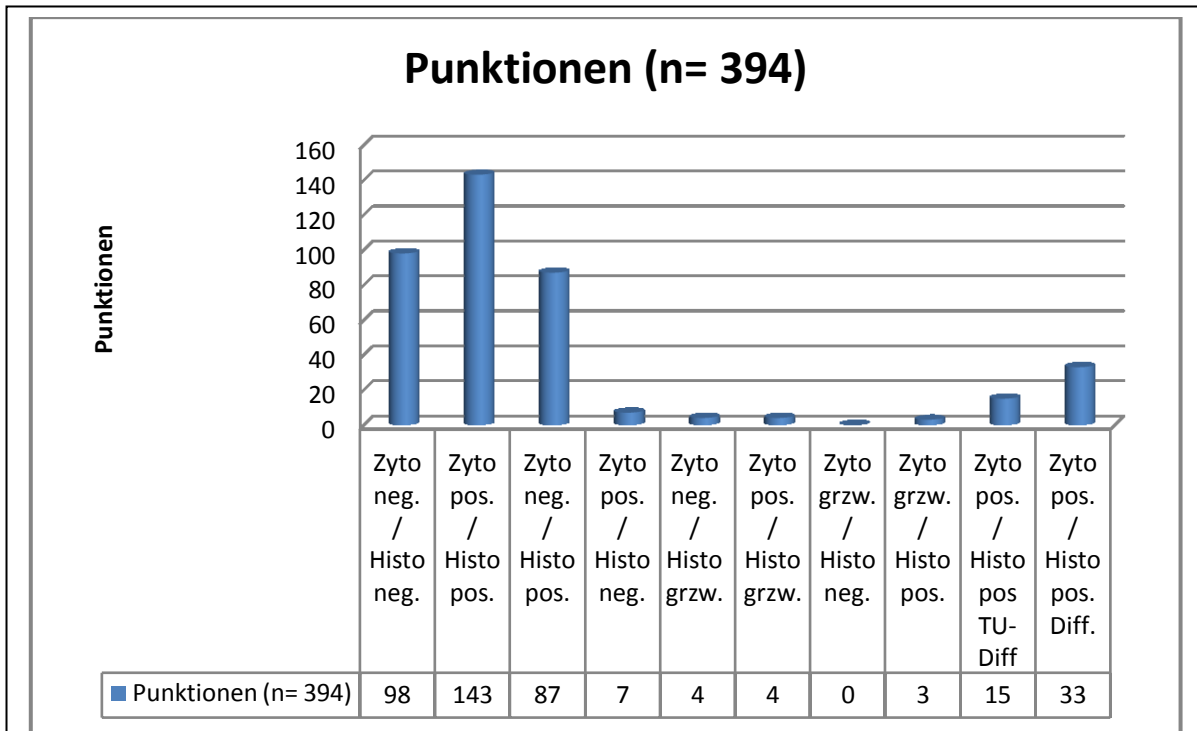


Abbildung 13: Pathologische Auswertung der 394 CT-gezielten Punktionen

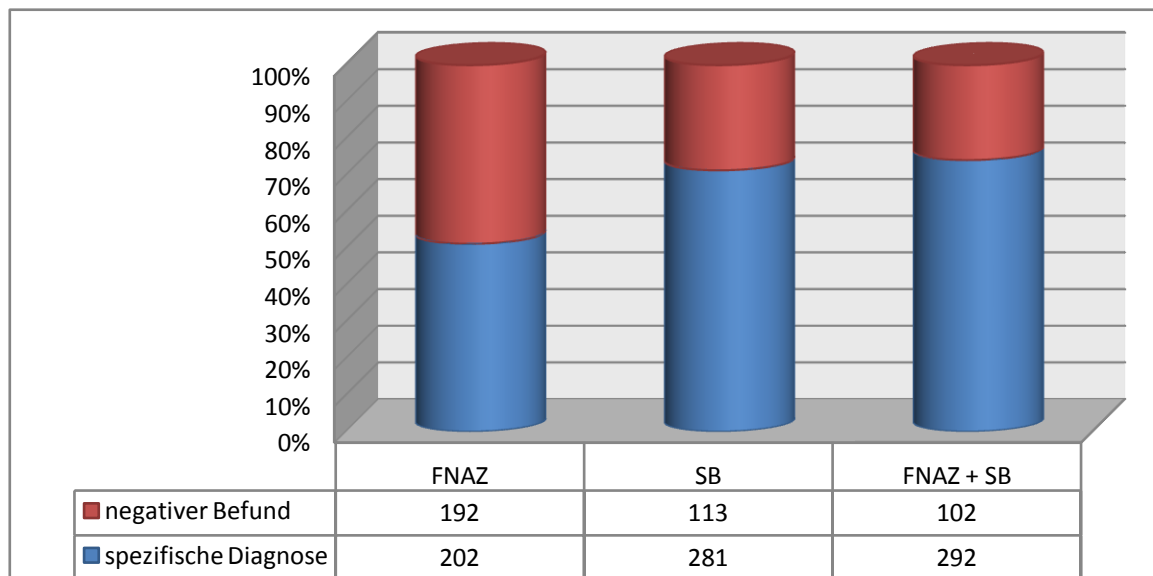


Abbildung 14: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen auf histologische und zytologische Untersuchungen (FNAZ= Feinnadelaspirationszytologie; SB= Stanzbiopsie)

Legende:

Zyto neg./pos.	Das Ergebnis der zytologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo pos./neg.	Das Ergebnis der histologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo/Zyto grzw.	Das Ergebnis der histologischen/zytologischen Untersuchung war grenzwertig
TU-Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die zelluläre Herkunft der Tumorzellen
Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die Tumordifferenzierung

2.3.2 Resultate unter Berücksichtigung der verschiedenen Organe

2.3.2.1 Lunge

Von den 394 in die Studie eingeschlossenen diagnostischen Punktionen waren 192 Punktionen der Lunge (= 48,7 %). Bei 4 Patienten wurden jeweils 2 Punktionen in zeitlichem Abstand von mindestens 3 Wochen durchgeführt. Von den 192 Punktionen wurden 109 (= 56,8 %) in Bauchlage, 80 (= 41,7 %) in Rückenlage, zwei in Linksseitenlage (= 1,0 %) und eine in Rechtsseitenlage (= 0,5 %) durchgeführt. Die Durchmesser der punktierten Läsionen reichen von 0,4 cm bis 12 cm mit einem mittleren Durchmesser von 3,0 cm.

In 110 der 192 Punktionen (= 57,3 %) stimmte der histologische mit dem zytologischen Befund überein. Bei diesen übereinstimmenden Befunden waren 57 bei beiden Untersuchungsmethoden positiv und 53 Befunde negativ. In 46 Fällen (= 24,0%) kam es zu widersprüchlichen Ergebnisse. Von diesen 46 widersprüchlichen Ergebnissen kam die histologische Untersuchung in 42 Fällen (= 91,3 %) zu einer positiven Diagnose während der zytologische Befund negativ verlief. Umgekehrt ergab der histologische Befund nur in 4 von 46 Fällen (= 8,7 %), in denen der zytologische Befund positiv verlief, eine negative Diagnose. Unter den 6 Fällen (= 3,1 %), in denen der histologische Befund ein grenzwertiges Ergebnis lieferte, waren jeweils 3 positive und 3 negative zytologische Befunde. Die zytologische Untersuchung lieferte in keinem der Fälle ein grenzwertiges Ergebnis. In 14 von 192 Punktionen (= 7,3 %) lieferten beide Untersuchungen ein positives Ergebnis wobei sich die pathologischen Befunde in der zellulären Herkunft der Tumoren unterschieden (z.B.: Histologisches Befund: Plattenepithelkarzinom; Zytologischer Befund: Adenokarzinom).

In 114 von 192 Fällen (= 59,4 %) kam es zum Auftreten von Komplikationen. Hierbei handelt es sich um alle dokumentierten Veränderungen des Gesundheitszustands, von minimalen perifokalen Einblutungen und diskreten Zeichen eines Pneumothorax bis zu ausgedehnteren Blutungen oder dem Auftreten eines Pneumothorax, der die Anlage einer Saugdrainage erforderte. Nur eine geringe Anzahl von Komplikationen erforderte das Einleiten einer Behandlung als Gegenmaßnahme. Die größte Gruppe der Komplikationen nach Lungenpunktionen repräsentierte das Auftreten von Pneumothoraces. Diese traten nach 28,1 % der intrathorakalen Punktionen auf.

Intrathorakale Punktionen (n= 192)

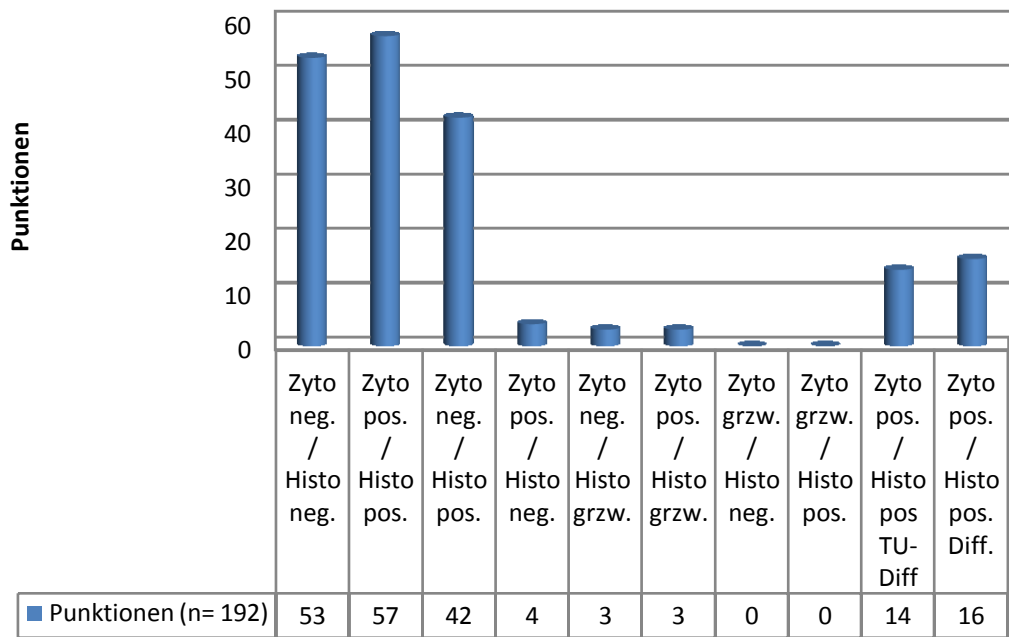


Abbildung 15: Pathologische Auswertung der 192 intrathorakalen Punktionen

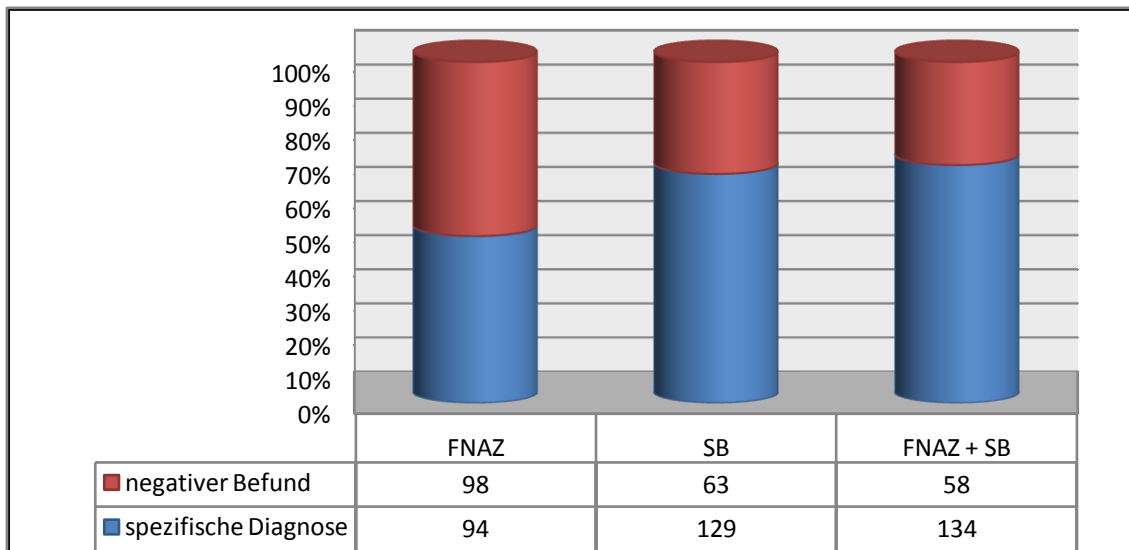


Abbildung 16: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FANZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 192 intrathorakale Punktionen

Legende:

Zyto neg./pos.	Das Ergebnis der zytologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo pos./neg.	Das Ergebnis der histologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo/Zyto grzw.	Das Ergebnis der histologischen/zytologischen Untersuchung war grenzwertig
TU-Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die zelluläre Herkunft der Tumorzellen
Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die Tumordifferenzierung

2.3.2.2 Leber

Unter den 394 untersuchten Punktionen waren 108 Leberpunktionen (= 27,4 %). Bei 3 Patienten wurden zwei Punktionen zu unterschiedlichen Terminen durchgeführt. Die Punktion wurde bei 104 der Patienten (= 95,4 %) in Rückenlage, bei zwei Patienten (= 1,8 %) in Bauchlage und bei einem Patienten (= 0,9 %) in Linksseitenlage durchgeführt. Die Durchmesser der punktierten Läsionen reichen von 0,4 cm bis 10 cm mit einem mittleren Durchmesser von 3,6 cm. Bei 103 der 108 Punktionen (= 95,3 %) kam ein 17-18-Gauge-Biopsiesystem zur Anwendung. In 5 Fällen (= 4,6 %) wurde ein 19-20-Gauge-Biopsiesystem benützt.

In 72 von 108 Befunden (= 66,6 %) stimmte der zytologische Befund mit dem histologischen Ergebnis überein. Davon waren bei 31 Punktionen (= 28,7 %) beide Untersuchungsergebnisse negativ und bei 41 Punktionen (= 38,0 %) ergaben beide ein positives Ergebnis. In 27 Fällen (= 25 %) kam es zu einem positiven histologischen und zu einem negativen zytologischen Befund. Umgekehrt war in keinem der Fälle das zytologische Ergebnis positiv wenn das histologische Ergebnis negativ ausfiel. Bei einem Patienten ergab der histologische Befund die Diagnose eines hepatozellulären Karzinoms, während der zytologische Befund ein Adenokarzinom ergab. Bei 8 der 108 Punktionen (= 7,4 %) stimmten die pathologischen Befunde in der Aussage über die zelluläre Herkunft der Tumoren überein aber unterschieden sich in der Differenzierung.

Zum Auftreten von Komplikationen kam es bei 11 der 108 Punktionen (= 10,2 %). Darunter waren 3 kleine subkapsuläre Hämatome, 3 Herzfrequenz- oder Blutdruckabfälle, 3 Ausbildungen eines Pneumothorax und eine Quaddelbildung in der rechten Axilla nach Kontrastmittelapplikation. Es kam in keinem Fall zum Auftreten von schweren, behandlungswürdigen Komplikationen. Bei Verwendung des dünneren 19-20-Gauge-Biopsiesystem kam es in keinem der Fälle zu einer Komplikation, was aber auch durch die geringe Fallzahl bedingt sein kann (n= 5).

Leberpunktionen (n= 108)

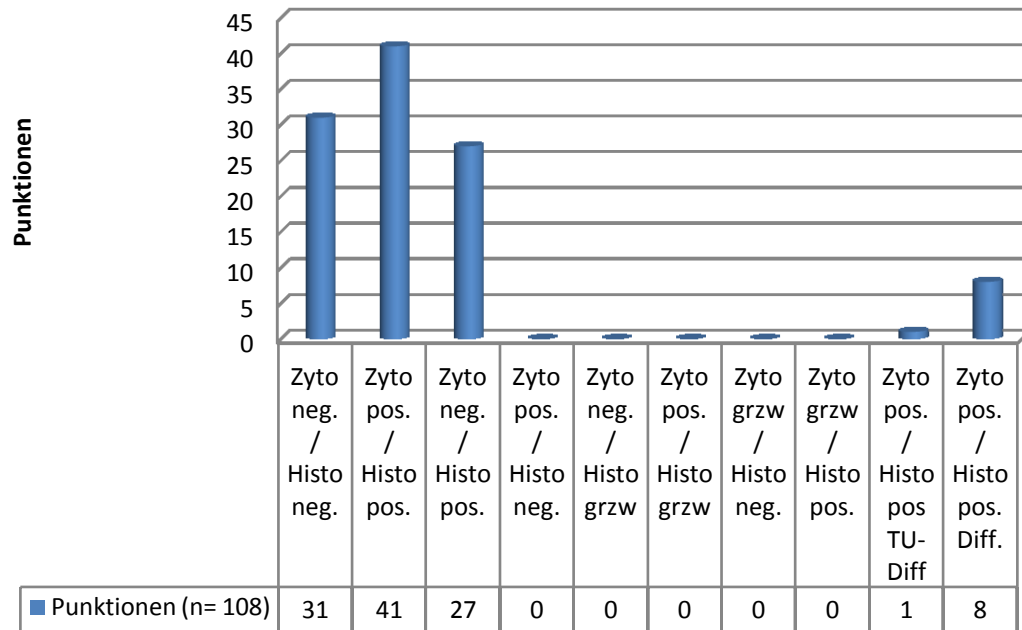


Abbildung 17: Pathologische Auswertung der 108 Leberpunktionen

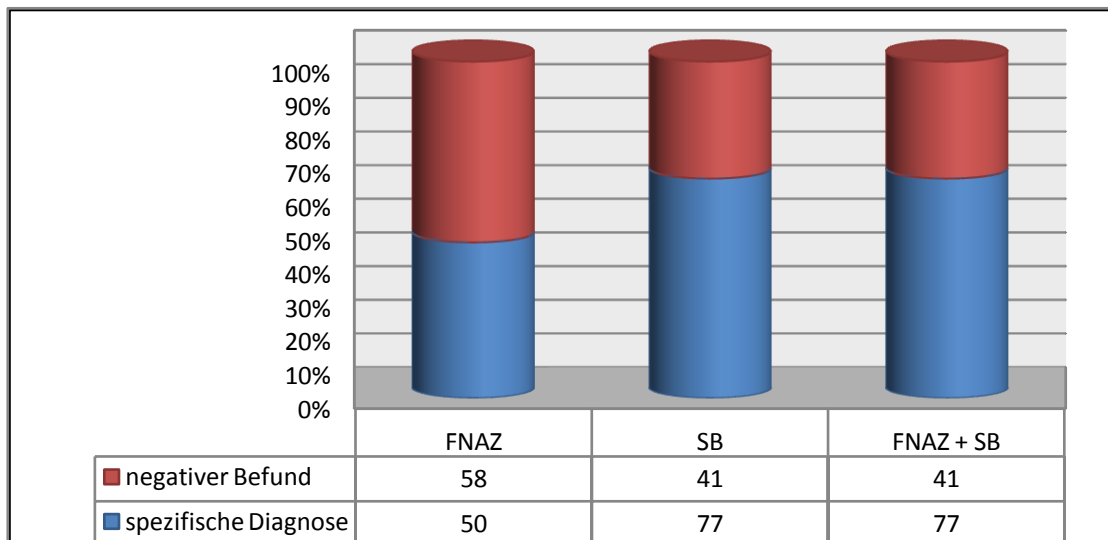


Abbildung 18: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FANZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 108 Leberpunktionen

Legende:

Zyto neg./pos.	Das Ergebnis der zytologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo pos./neg.	Das Ergebnis der histologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo/Zyto grzw.	Das Ergebnis der histologischen/zytologischen Untersuchung war grenzwertig
TU-Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die zelluläre Herkunft der Tumorzellen
Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die Tumordifferenzierung

2.3.2.3 Pankreas

Unter den 394 untersuchten Punktionen befanden sich 48 Punktionen (= 12,2 %) des Pankreas. Bei 3 Patienten erfolgten zwei Punktionen im zeitlichen Abstand von mindestens 10 Tagen. Von den insgesamt 48 Punktionen des Pankreas erfolgten 47 (= 98 %) in Rückenlage. Ein Patient (= 2 %) wurde in Bauchlage punktiert. Die Durchmesser der punktierten Läsionen reichen von 0,4 cm bis 10 cm bei einem mittleren Durchmesser von 3,6 cm. Von den 48 untersuchten Pankreaspunktionen wurden 36 (= 75,0 %) mit einem 17-18-Gauge-Biopsiesystem und 12 (= 25,0 %) mit einem 19-20-Gauge-Biopsiesystem durchgeführt.

Bei 37 von 48 Punktionen (= 77,1 %) stimmt der zytologische mit dem histologischen Befund überein wobei in 9 Fällen ein negatives und in 28 ein positives Ergebnis erzielt wurde. In 4 Fällen (= 8,3 %) ergab die histologische Untersuchung ein positives Ergebnis während die zytologische Untersuchung negativ verlief. Umgekehrt lieferte in zwei Fällen (= 4,2 %) die zytologische Untersuchung einen spezifischen Befund während die histologische Untersuchung negativ verlief. In einem Fall verlief die zytologische Untersuchung negativ während die histologische Untersuchung ein grenzwertiges Ergebnis lieferte. In einem Fall führte die histologische Untersuchung zu einem spezifischen Ergebnis während der zytologische Befund grenzwertig ausfiel. In 3 Fällen (= 6,25 %) unterschieden sich die Befunde der zwei Untersuchungsmethoden nur in der Aussage über die Tumordifferenzierung.

Bei 7 der 48 Punktionen (= 14,6 %) kam es zum Auftreten von Komplikationen. Darunter befanden sich drei leichte und eine ausgeprägte Blutung und ein Fall von Übelkeit, ein Fall von starken Schmerzen. Es kam in keinem Fall zum Auftreten einer schweren, behandlungswürdigen Komplikation.

Pankreaspunktionen (n= 48)

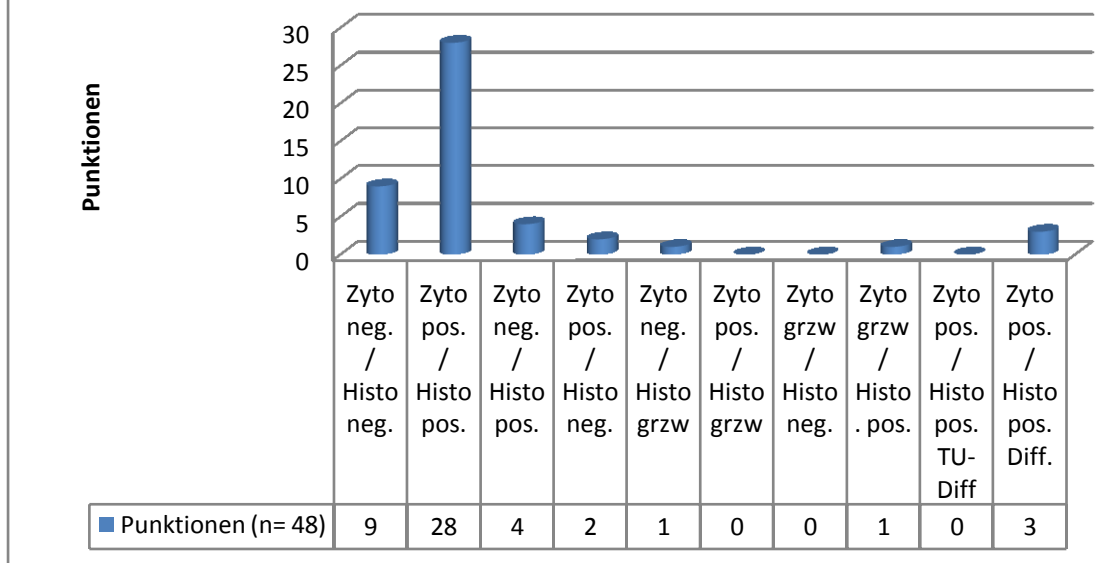


Abbildung 19: Pathologische Auswertung der 48 Pankreaspunktionen

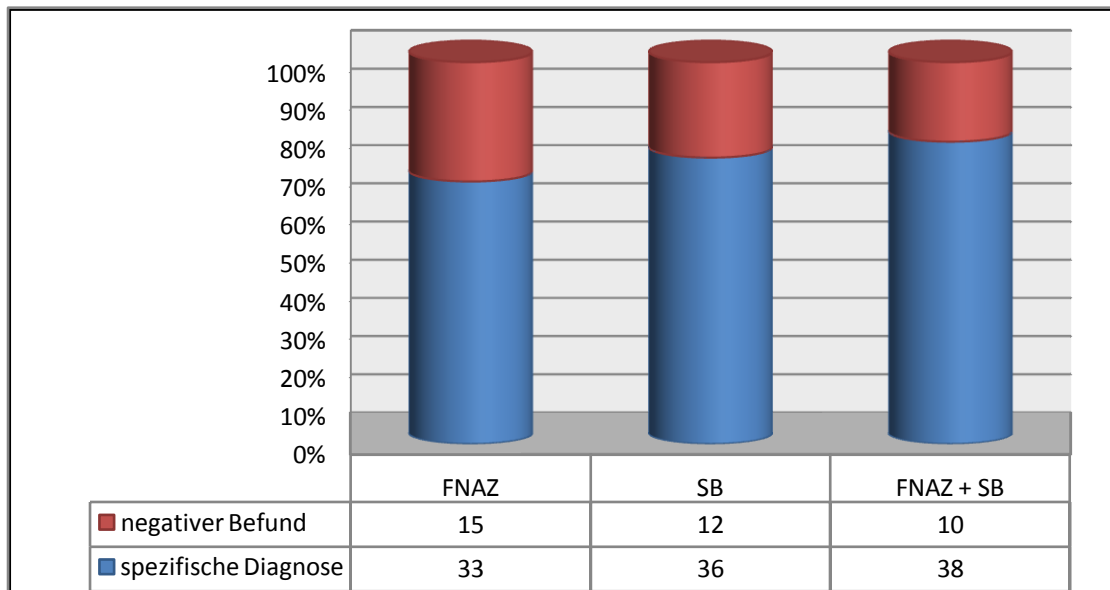


Abbildung 20: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FANZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 48 Pankreaspunktionen

Legende:

Zyto neg./pos.	Das Ergebnis der zytologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo pos./neg.	Das Ergebnis der histologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo/Zyto grzw.	Das Ergebnis der histologischen/zytologischen Untersuchung war grenzwertig
TU-Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die zelluläre Herkunft der Tumorzellen
Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die Tumordifferenzierung

2.3.2.4 Lymphknoten

Unter den 392 ausgewerteten diagnostischen Punktionen befanden sich 46 Punktionen (= 11,7 %) von Lymphknoten. Darunter waren 30 retroperitoneale, 6 mesenterielle, 7 mediastinale, ein iliakaler und zwei Lymphknoten der Porta hepatis. Von den 46 Punktionen wurden 34 (= 74,0 %) in Bauch- und 12 (= 26 %) in Rückenlage durchgeführt. Die Durchmesser der Expansionen bewegten sich in einem Bereich von 1,4 cm bis 13,9 cm mit einem mittleren Durchmesser von 5,0 cm. Von 46 Punktionen der Lymphknoten wurden 41 (= 89,1 %) mit einem 17-18-Gauge-Biopsiesystem und 5 (= 10,9 %) mit einem 19-20-Gauge-Biopsiesystem durchgeführt.

In 22 von 46 Fällen (= 47,8 %) kamen die histologische und die zytologischen Untersuchung zu einem übereinstimmenden Ergebnis. Davon waren 5 Befunde übereinstimmend negativ und 17 waren übereinstimmend positiv. In 14 Fällen (= 30,4 %) der Fälle ergab die zytologische Untersuchung ein negatives Ergebnis während der histologische Befund positiv ausfiel. Umgekehrt kam die zytologische Untersuchung nur zu einem (= 2 %) positiven Ergebnis bei negativem histologischem Befund. In einem Fall mit grenzwertigem histologischen Ergebnis ergab die zytologische Untersuchung einen eindeutig positiven Befund. Umgekehrt fielen die zytologischen Befunde von zwei weiteren Punktionen grenzwertig aus in denen die Histologie ein eindeutiges Ergebnis liefert. In 6 Fällen (= 21,7 %) unterschieden sich die Befunde der zwei Untersuchungsmethoden nur in der Aussage über die Tumordifferenzierung.

Komplikationen traten in 2 von 46 Fällen (=4,3 %) auf. Darunter befanden sich eine minimale Blutung und das Auftreten einer Bradykardie. Es kam nicht zum Auftreten von behandlungswürdigen Komplikationen.

Lymphknotenpunktionen (n= 46)

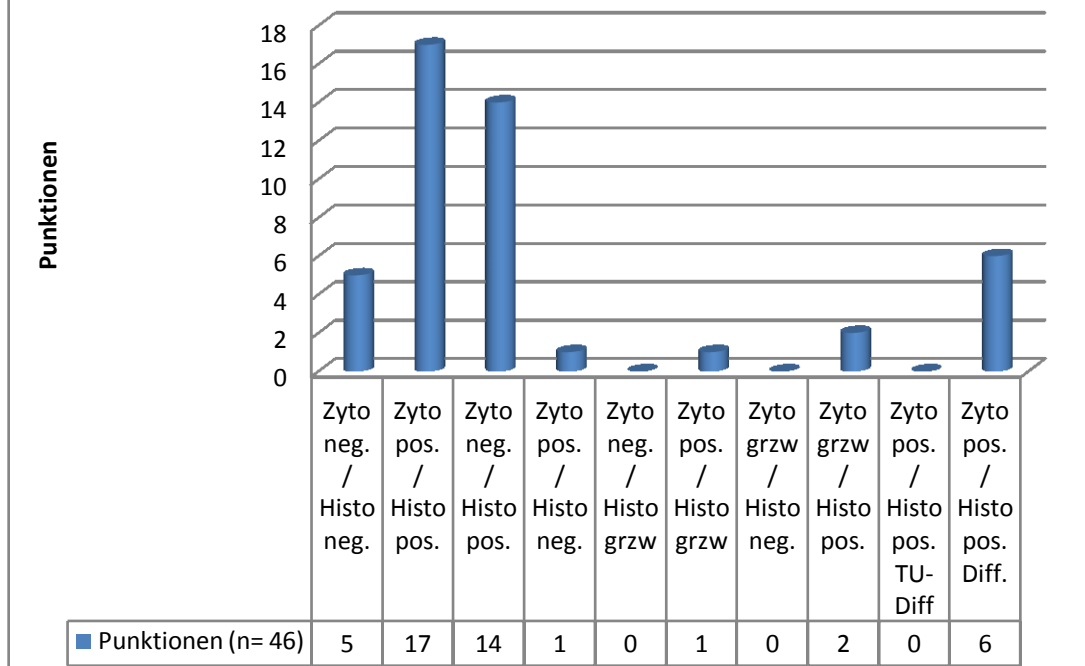


Abbildung 21: Pathologische Auswertung der 46 Lymphknotenpunktionen

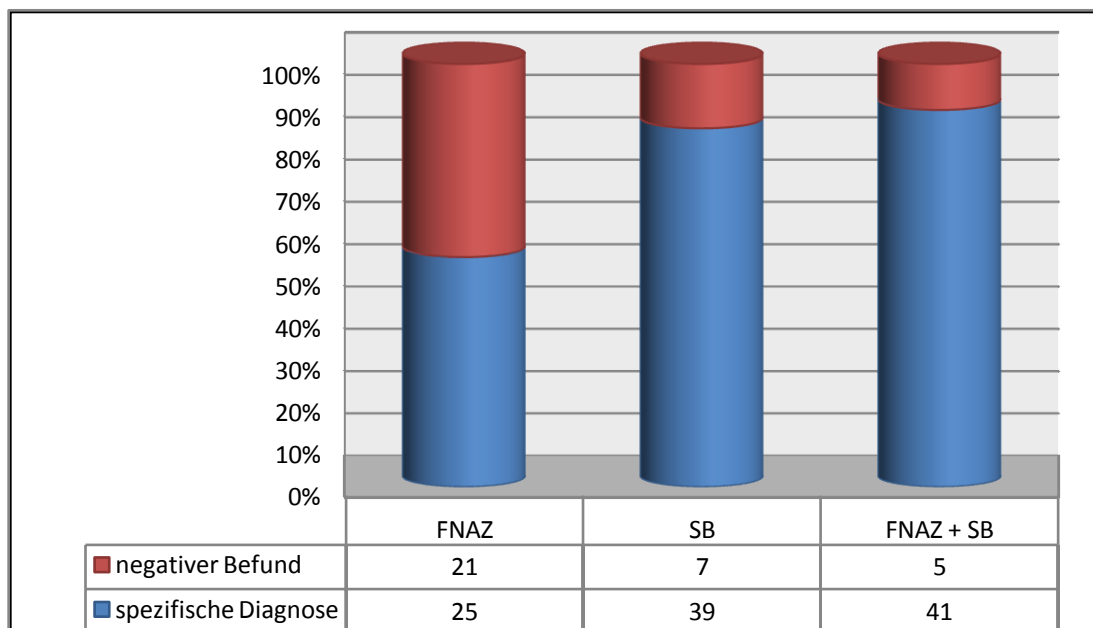


Abbildung 22: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FNAZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 46 Lymphknotenpunktionen

Legende:

Zyto neg./pos.	Das Ergebnis der zytologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo pos./neg.	Das Ergebnis der histologischen Untersuchung war negativ/positiv
Histo/Zyto grzw.	Das Ergebnis der histologischen/zytologischen Untersuchung war grenzwertig
TU-Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die zelluläre Herkunft der Tumorzellen
Diff.	Der pathologische Befund unterschied sich in der Aussage über die Tumordifferenzierung

2.4 Diskussion

Die CT-gesteuerte Punktion hat sich als sichere und genaue Methode zur Abklärung von suspekten Herdbefunden bewährt. Durch Fortschritte auf dem Sektor der Bildgebung und im Bereich der Nadelsysteme können nun histologische und zytologische Proben im Rahmen einer Punktion und aus demselben Arbeitskanal entnommen werden. Trotz der Verwendung von dünneren Nadeln und der damit verbundenen niedrigen Komplikationsrate erzielt die Aspirationsbiopsie in der Literatur schlechtere Ergebnisse als die Stanzbiopsie. Dies ist auf der einen Seite durch eine eingeschränkte Beurteilbarkeit des Materials, verursacht durch Blutbeimengung und Quetschartefakte, und auf der anderen Seite durch die schwächere Aussagekraft der Zytologie gegenüber der Histologie bedingt. Auch die, in mehreren Studien geforderte, Anwesenheit eines Zytopathologen im Rahmen des Eingriffs [24, 25] verbessert das Ergebnis nur geringfügig und ist in den meisten Institutionen aus personellen und logistischen Gründen nicht durchführbar. Im Unterschied dazu können die im Rahmen einer Stanzbiopsie entnommenen Gewebszylinder vom interventionellen Radiologen sofort makroskopisch kontrolliert werden. Vermutet der Untersucher das Vorliegen einer nicht-repräsentativen Gewebsprobe, kann sofort die Entnahme weiterer Stanzzyylinder angeschlossen werden. Dieser Vorteil trägt ebenfalls zu einer höheren diagnostischen Ausbeute der Stanzbiopsie bei.

Skamel et al [60] gelangen im Rahmen einer prospektiven, vergleichenden Studie über 98 Punktionen von welchen 50 in Form einer Feinnadelaspirationszytologie und 48 in Form einer Stanzbiopsie durchgeführt worden sind, zu dem Schluss, dass die Aspirationsbiopsie völlig durch die Stanzbiopsie zu ersetzen sei. Bölter et al [61] publizierten in einer im Jahr 2000 erschienenen Studie bei Kombination der beiden Untersuchungsverfahren einen Zugewinn der diagnostischen Aussagekraft von mindestens 10,7 % gegenüber den jeweiligen Einzelverfahren. In Übereinstimmung mit den genannten Daten der Literatur zeigte auch die von uns durchgeführte Studie eine klare diagnostische Überlegenheit der Stanzbiopsie über die Feinnadelaspiration. Während beide Methoden in 61,2 % der Fälle ein übereinstimmendes Ergebnis lieferten, ergab die Histologie in 22,1 % der Fälle in denen die zytologische Untersuchung negativ verlief, ein positives Ergebnis. Umgekehrt verlief die histologische Untersuchung bei positivem zytologischen

Befund nur in 1,8 % der Fälle negativ. Die Feinnadelbiopsie erbrachte somit in 51,3 % der Punktionen eine spezifische Diagnose während dies der Stanzbiopsie in 71,3 % der Fälle gelang. In Zusammenschau von histologischen und zytologischen Befunden konnte in 74,1% der Fälle eine spezifische Diagnose gestellt werden. Wir konnten somit zeigen, dass eine Kombination von Feinnadelpunktion und Stanzbiopsie das beste diagnostische Ergebnis erzielt. Der Zugewinn an Aussagekraft der durch die Kombination der beiden Methoden gegenüber der alleinigen Entnahme einer Stanzbiopsie erzielt wird ist relativ gering. So ist es fraglich ob die Entnahme einer Feinnadelaspirationszytologie bei jeder CT-gezielten Punktion aus ökonomischer Sicht gerechtfertigt ist. Dies gilt natürlich nur für Punktionen bei denen nicht ein Verfahren von vornherein als alleinige Methode sinnvoll ist (z.B. Feinnadelpunktion der Schilddrüse). Bei Verwendung von nur einem der beiden Verfahren ist die Stanzbiopsie der Aspirationszytologie in jedem untersuchten Organsystem (Lunge, Leber, Pankreas, Lymphknoten) überlegen. Die gefundenen Ergebnisse stimmen mit einer Studie von Yamagami et al [62] überein

Die alleinige Anwendung der Feinnadelzytologie erscheint vor allem für technisch schwierige Punktionen, in denen die Verwendung von Grobstanznadeln einen deutlichen Anstieg der Komplikationsrate nach sich ziehen würde, sinnvoll. Weiters kann sie bei Patienten mit einem bekannten Primärtumor zur Bestätigung einer Metastasierung oder der Evaluierung eines Therapieerfolges eingesetzt werden. Für andere Indikationen ist nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft die Kombination mit einer Stanzbiopsie angezeigt.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Abklärung von grenzwertigen pathologischen Befunden. Im Rahmen unserer Studie kam es bei 9 Patienten zu einer Rebiopsie aufgrund eines grenzwertigen pathologischen Befundes. Von diesen 9 Patienten ergab die neuerliche Punktion bei 7 (= 77,8 %) eine spezifische, maligne Diagnose. Daraus ergibt sich die unbedingte Notwendigkeit grenzwertige pathologische Befunde durch eine neuerliche Punktion abzuklären.

Die Komplikationsrate in unserer Studie war mit 34,2 % aller ausgewerteten Punktionen vergleichsweise hoch. Dies ist aber darauf zurückzuführen, dass im Rahmen unserer Studie jede kleinste Abweichung vom Normalzustand, die auf die Punktion zurückzuführen war, als Komplikation gewertet wurde. Zum

überwiegenden Teil handelte es sich hierbei um minimale Komplikationen, die keiner Behandlung bedurften. Überdies bestanden die von uns ausgewerteten Eingriffe zu 48,7 % aus Lungenpunktionen, die von vornherein eine höhere Komplikationsrate aufweisen. So stellte auch das Auftreten von Pneumothoraces die größte Komplikationsgruppe dar. In der Literatur wird die Häufigkeit für das Auftreten eines Pneumothorax nach Lungenpunktion mit bis zu 40,4 % angegeben [63]. Die von uns erhaltenen Werte lagen mit 28,1 % deutlich darunter. Bei den übrigen 202 extrathorakalen Punktionen traten Komplikationen nur in 9,9 % der Eingriffe auf. Wir verzeichneten keine Punktion mit letalem Ausgang oder schwerem bleibenden Schaden. Aufgrund der inhomogenen Verteilung der Punktionslokalisationen sowie unseres Bestrebens nach einem möglichst unselektierten Patientenkollektiv ist die Komplikationsrate unserer Studie nur eingeschränkt mit der aus anderen Arbeiten vergleichbar. Trotzdem unterscheiden sich die Komplikationsraten, aufgeschlüsselt auf die einzelnen Organsysteme, nicht von den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen. Demzufolge erhöht die Kombination von Feinnadelaspirationszytologie und Stanzbiopsie die Komplikationsrate diagnostischer CT-gezielter Punktionen nicht.

In der vorliegenden Studie weist die histologische gegenüber der zytologischen Untersuchung höhere Aussagekraft auf, sowohl was einzelne Organe betrifft als auch insgesamt. Die beste diagnostische Ausbeute ergibt die Kombination beider Methoden. Diese führt, wie in einem Vergleich unserer Ergebnisse mit einschlägigen Studien gezeigt werden konnte, zu keiner Zunahme der Komplikationsrate. Die alleinige Anwendung der Feinnadelaspirationszytologie bleibt speziellen Indikationen vorbehalten.

3 Literaturverzeichnis

- [1] und FBfG. 409. Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und Frauen über Maßnahmen zum Schutz von Personen vor Schäden durch Anwendung ionisierender Strahlung im Bereich der Medizin. In: Frauen BfGu, ed. Wien: Bundesministerium für Gesundheit und Frauen 2004:14.
- [2] Hendrickx P. Interventionelle Computertomographie: Schnetztor-Verlag GmbH Konstanz 1998.
- [3] Reiser M, Kuhn F-P, Debus J. Radiologie: Georg Thieme Verlag 2004.
- [4] Grillenberger A, Fritsch E. Computertomographie. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG 2007.
- [5] Prokop M, Galanski M. Computed Tomographie of the Body. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag 2003.
- [6] Hofer M. CT-Kursbuch. Düsseldorf: Didamed Verlag GmbH 2006.
- [7] Rogalla P, Juran R. [CT fluoroscopy]. Radiologe. 2004 Jul;44(7):671-5.
- [8] Paulson EK, Sheafor DH, Enterline DS, McAdams HP, Yoshizumi TT. CT fluoroscopy--guided interventional procedures: techniques and radiation dose to radiologists. Radiology. 2001 Jul;220(1):161-7.
- [9] Bale R, Widmann G. Navigated CT-guided interventions. Minim Invasive Ther Allied Technol. 2007;16(4):196-204.
- [10] Messmer P, Baumann B, Suhm N, Jacob AL. [Navigation systems for image-guided therapy: A review]. Rofo. 2001 Sep;173(9):777-84.

- [11] Bale RJ, Vogele M, Rieger M, Buchberger W, Lukas P, Jaschke W. A new vacuum device for extremity immobilization. *AJR Am J Roentgenol.* 1999 Apr;172(4):1093-4.
- [12] Gupta S. New techniques in image-guided percutaneous biopsy. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2004 Mar-Apr;27(2):91-104.
- [13] Genant JW, Vandevenne JE, Bergman AG, Beaulieu CF, Kee ST, Norbash AM, et al. Interventional musculoskeletal procedures performed by using MR imaging guidance with a vertically open MR unit: assessment of techniques and applicability. *Radiology.* 2002 Apr;223(1):127-36.
- [14] Holm HH, Skjoldbye B. Interventional ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 1996;22(7):773-89.
- [15] Charboneau JW, Reading CC, Welch TJ. CT and sonographically guided needle biopsy: current techniques and new innovations. *AJR Am J Roentgenol.* 1990 Jan;154(1):1-10.
- [16] Haaga JR. Interventional CT: 30 years' experience. *Eur Radiol.* 2005 Nov;15 Suppl 4:D116-20.
- [17] Prokop Mathias GM. *Computed Tomographie of the Body.* Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag 2003.
- [18] Allison DJ, Petterson H, Hemingway AP. *Interventional Radiology: The Nicer Year Book* 1994.
- [19] Andriole JG, Haaga JR, Adams RB, Nunez C. Biopsy needle characteristics assessed in the laboratory. *Radiology.* 1983 Sep;148(3):659-62.

- [20] Haaga JR, LiPuma JP, Bryan PJ, Balsara VJ, Cohen AM. Clinical comparison of small-and large-caliber cutting needles for biopsy. *Radiology*. 1983 Mar;146(3):665-7.
- [21] Kopecky KK, Broderick LS, Davidson DD, Burney BT. Side-exiting coaxial needle for aspiration biopsy. *AJR Am J Roentgenol*. 1996 Sep;167(3):661-2.
- [22] Broderick LS, Kopecky KK, Cramer H. Image-guided coaxial fine needle aspiration biopsy with a side-exiting guide. *J Comput Assist Tomogr*. 2002 Mar-Apr;26(2):292-7.
- [23] Hussain S, Santos-Ocampo RS, Silverman SG, Seltzer SE. Dual-angled CT-guided biopsy. *Abdom Imaging*. 1994 May-Jun;19(3):217-20.
- [24] Wutke R, Schmid A, Fellner F, Horbach T, Kastl S, Papadopoulos T, et al. [CT-guided percutaneous core biopsy: Effective accuracy, diagnostic utility and effective costs]. *Rofo*. 2001 Nov;173(11):1025-33.
- [25] Long BW. Image-guided percutaneous needle biopsy: an overview. *Radiol Technol*. 2000 Mar-Apr;71(4):335-59; quiz 60-3.
- [26] Austin JH, Cohen MB. Value of having a cytopathologist present during percutaneous fine-needle aspiration biopsy of lung: report of 55 cancer patients and metaanalysis of the literature. *AJR Am J Roentgenol*. 1993 Jan;160(1):175-7.
- [27] Parker SH, Hopper KD, Yakes WF, Gibson MD, Ownbey JL, Carter TE. Image-directed percutaneous biopsies with a biopsy gun. *Radiology*. 1989 Jun;171(3):663-9.
- [28] Gupta S, Madoff DC. Image-guided percutaneous needle biopsy in cancer diagnosis and staging. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2007 Jun;10(2):88-101.

- [29] Welch TJ, Sheedy PF, 2nd, Johnson CD, Johnson CM, Stephens DH. CT-guided biopsy: prospective analysis of 1,000 procedures. *Radiology*. 1989 May;171(2):493-6.
- [30] Ghaye B, Dondelinger RF. Imaging guided thoracic interventions. *Eur Respir J*. 2001 Mar;17(3):507-28.
- [31] Giron J, Fajadet P, Sans N, Paul JL, Vernhet H, Senac JP. Interventional chest radiology. *Eur J Radiol*. 1996 Aug;23(1):58-78.
- [32] Rose JS. *Invasive Radiology: Year Book Medical Publishers* 1983.
- [33] Goralnik CH, O'Connell DM, el Yousef SJ, Haaga JR. CT-guided cutting-needle biopsies of selected chest lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 1988 Nov;151(5):903-7.
- [34] Murphy JM, Gleeson FV, Flower CD. Percutaneous needle biopsy of the lung and its impact on patient management. *World J Surg*. 2001 Mar;25(3):373-9; discussion 9-80.
- [35] Westcott JL. Percutaneous transthoracic needle biopsy. *Radiology*. 1988 Dec;169(3):593-601.
- [36] Noldge G, Richter GM, Grenacher L, Brado M, Kauffmann GW. [CT-guided puncture]. *Radiologe*. 1996 Sep;36(9):683-91.
- [37] Greene R, Szyfelbein WM, Isler RJ, Stark P, Janstsch H. Supplementary tissue-core histology from fine-needle transthoracic aspiration biopsy. *AJR Am J Roentgenol*. 1985 Apr;144(4):787-92.
- [38] Penketh AR, Robinson AA, Barker V, Flower CD. Use of percutaneous needle biopsy in the investigation of solitary pulmonary nodules. *Thorax*. 1987 Dec;42(12):967-71.

- [39] Gupta S, Seaberg K, Wallace MJ, Madoff DC, Morello FA, Jr., Ahrar K, et al. Imaging-guided percutaneous biopsy of mediastinal lesions: different approaches and anatomic considerations. *Radiographics*. 2005 May-Jun;25(3):763-86; discussion 86-8.
- [40] Fanghänel F, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R. *Waldeyer Anatomie des Menschen*. Berlin, New York: Walter der Gruyter 2003.
- [41] Morrissey B, Adams H, Gibbs AR, Crane MD. Percutaneous needle biopsy of the mediastinum: review of 94 procedures. *Thorax*. 1993 Jun;48(6):632-7.
- [42] Screatton NJ, Flower CD. Percutaneous needle biopsy of the pleura. *Radiol Clin North Am*. 2000 Mar;38(2):293-301.
- [43] Rahman NM, Gleeson FV. Image-guided pleural biopsy. *Curr Opin Pulm Med*. 2008 Jul;14(4):331-6.
- [44] Bravo AA, Sheth SG, Chopra S. Liver biopsy. *N Engl J Med*. 2001 Feb 15;344(7):495-500.
- [45] Layer G. [Image-guided interventions in liver tumors]. *Radiologe*. 1999 Sep;39(9):750-5.
- [46] Babb RR, Jackman RJ. Needle biopsy of the liver. A critique of four currently available methods. *West J Med*. 1989 Jan;150(1):39-42.
- [47] Hegarty JE, Williams R. Liver biopsy: techniques, clinical applications, and complications. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1984 Apr 28;288(6426):1254-6.
- [48] Goldin SB, Bradner MW, Zervos EE, Rosemurgy AS, 2nd. Assessment of pancreatic neoplasms: review of biopsy techniques. *J Gastrointest Surg*. 2007 Jun;11(6):783-90.

- [49] Brandt KR, Charboneau JW, Stephens DH, Welch TJ, Goellner JR. CT- and US-guided biopsy of the pancreas. *Radiology*. 1993 Apr;187(1):99-104.
- [50] Dodd LG, Mooney EE, Layfield LJ, Nelson RC. Fine-needle aspiration of the liver and pancreas: a cytology primer for radiologists. *Radiology*. 1997 Apr;203(1):1-9.
- [51] Brugge WR. Pancreatic fine needle aspiration: to do or not to do? *Jop*. 2004 Jul;5(4):282-8.
- [52] Silverman SG, Gan YU, Morteale KJ, Tuncali K, Cibas ES. Renal masses in the adult patient: the role of percutaneous biopsy. *Radiology*. 2006 Jul;240(1):6-22.
- [53] Whittier WL, Korbet SM. Renal biopsy: update. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2004 Nov;13(6):661-5.
- [54] Volpe A, Kachura JR, Geddie WR, Evans AJ, Gharajeh A, Saravanan A, et al. Techniques, safety and accuracy of sampling of renal tumors by fine needle aspiration and core biopsy. *J Urol*. 2007 Aug;178(2):379-86.
- [55] Lane BR, Samplaski MK, Herts BR, Zhou M, Novick AC, Campbell SC. Renal mass biopsy--a renaissance? *J Urol*. 2008 Jan;179(1):20-7.
- [56] Whittier WL, Korbet SM. Timing of complications in percutaneous renal biopsy. *J Am Soc Nephrol*. 2004 Jan;15(1):142-7.
- [57] Lechevallier E, Andre M, Barriol D, Daniel L, Eghazarian C, De Fromont M, et al. Fine-needle percutaneous biopsy of renal masses with helical CT guidance. *Radiology*. 2000 Aug;216(2):506-10.

[58] Welch TJ, Sheedy PF, 2nd, Stephens DH, Johnson CM, Swensen SJ. Percutaneous adrenal biopsy: review of a 10-year experience. *Radiology*. 1994 Nov;193(2):341-4.

[59] Bernardino ME, Walther MM, Phillips VM, Graham SD, Jr., Sewell CW, Gedgaudas-McClees K, et al. CT-guided adrenal biopsy: accuracy, safety, and indications. *AJR Am J Roentgenol*. 1985 Jan;144(1):67-9.

[60] Skamel HJ, Hanusch A, Mathias K. [CT-guided punctures: fine-needle biopsy vs. automated co-axial cutting biopsy]. *Aktuelle Radiol*. 1998 Nov;8(6):273-7.

[61] Bolter S, Roeren T, Egger C, Huslage C, Stamm B. [CT- and ultrasound-guided biopsies: prospective comparison of fine-needle aspiration with true-cut biopsy in 103 patients]. *Rofo*. 2000 May;172(5):458-61.

[62] Yamagami T, Iida S, Kato T, Tanaka O, Nishimura T. Combining fine-needle aspiration and core biopsy under CT fluoroscopy guidance: a better way to treat patients with lung nodules? *AJR Am J Roentgenol*. 2003 Mar;180(3):811-5.

[63] Cox JE, Chiles C, McManus CM, Aquino SL, Choplin RH. Transthoracic needle aspiration biopsy: variables that affect risk of pneumothorax. *Radiology*. 1999 Jul;212(1):165-8.

4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umrechnungstabelle Gauge-Millimeter (Außendurchmesser der Biopsienadeln).....	23
Tabelle 2: Klassifikation nach Papanicolaou übernommen von der deutschen Krebsgesellschaft.....	28
Tabelle 3: Komplikationen bei CT gezielte Punktionen nach [1]......	31

5 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Modernes 64-Zeilen-Spiral-CT von Philips ©.....	12
Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Elektronenstrahlscanners	14
Abbildung 3: Schematische Darstellung der im Bezug auf den Patienten spiralförmigen Bahn der Röntgenröhre eines Computertomographen im Spiralmodus	16
Abbildung 4: Modernes offenes MR-System von Simens ©.....	20
Abbildung 5: Bard Magnum Reusal Core Biopsy System ©.....	29
Abbildung 6: CT-gezielte Punktion eines 1,2 cm großen RH im re. OL; Entwicklung eines mäßiggradigen Pneumothorax; Diagnose: Adenokarzinom der Lunge	34
Abbildung 7: Entwicklung einer mäßiggradigen perifokalen Blutung nach CT- gezielter Punktion eines 1,5 cm großen RH im re. LungenOL; Diagnose: tubuläres Adenokarzinom der Lunge	37
Abbildung 8: CT-gezielte Punktion einer 7 cm großen Läsion in Seg. 6 u. 7 der Leber; Diagnose: hepatozelluläres Karzinom	45
Abbildung 9: CT-gezielte Punktion einer 5,5 cm großen Expansion im Caput pancreatis; Diagnose: Adenokarzinom des Pankreas	47
Abbildung 10: CT-gezielte Punktion einer 10,5 cm großen Expansion im Retroperitonealraum; Diganose: follikuläres Lymphom Grad II	53
Abbildung 11: Lokalisation der untersuchten Punktionen (n= 394).....	55
Abbildung 12: Verwendete Nadeldicken.....	56
Abbildung 13: Pathologische Auswertung der 394 CT-gezielten Punktionen	59
Abbildung 14: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen auf histologische und zytologische Untersuchungen (FNAZ= Feinnadelaspirationszytologie; SB= Stanzbiopsie)	59
Abbildung 15: Pathologische Auswertung der 192 intrathorakalen Punktionen....	61

Abbildung 16: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FANZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 192 intrathorakale Punktionen.....	61
Abbildung 17: Pathologische Auswertung der 108 Leberpunktionen	63
Abbildung 18: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FANZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 108 Leberpunktionen.....	63
Abbildung 19: Pathologische Auswertung der 48 Pankreaspunktionen	65
Abbildung 20: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FANZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 48 Pankreaspunktionen.....	65
Abbildung 21: Pathologische Auswertung der 46 Lymphknotenpunktionen	67
Abbildung 22: Prozentuale Verteilung von negativen Befunden und spezifischen Diagnosen der histologischen (SB= Stanzbiopsie) und zytologischen (FANZ=Feinnadelaspirationszytologie) Untersuchung im Bezug auf 46 Lymphknotenpunktionen	67

6 Curriculum Vitae

Martin Andreas Fauster

Persönliche Daten:

Geburtsdatum:	15. 04. 1983
Geburtsort	Graz
Matrikelnummer:	0212114
Familienstand:	Ledig
Staatsbürgerschaft:	Österreich
Adresse:	8302 Nestelbach Holzhaussiedlung 6
Religionsbekenntnis	Römisch-katholisch
E-Mail:	martin.fauster@gmx.at
Berufserfahrung:	Seit 2003 geringfügige Beschäftigung in der Begutachtungspraxis meines Vaters, Dr. Rupert Fauster
Private Interessen:	Schwimmen, Kampfkunst, Klavierspielen, Reisen



Ausbildung:

1989-1993	Volksschule Nestelbach bei Graz
1993-2001	Bundesgymnasium Gleisdorf
2001	Reifeprüfung mit ausgezeichnetem Erfolg
2002	Ableistung des Präsenzdienstes in der schweren Kompanie des Jägerbataillon 18

seit dem Wintersemester 2002 Studium an der Medizinischen Universität Graz

am 11.9.2003 Abschluss des 1. Studienabschnittes unter Gewährung eines leistungsgebundenen Stipendiums

am 17.1.2008 Abschluss des 2. Studienabschnittes

Famulaturen:

04-05/2005 u. 07/2006	Abteilung für Chirurgie LKH Weiz
02-03/2007	Interne Abteilung des Diakonissen-Krankenhaus
07/2007	Interne Abteilung des LKH Weiz
08/2007	Institut für Radiologie LKH Leoben
09/2007	Univ. Klinik für Neurochirurgie LKH Graz

Spezielle Studienmodule:

- Klinisch-topographische Anatomie der Eingeweide
- Angewandte Physiologie
- Spezielle Notfallmedizin
- Allgemeinmedizin
- Immunologie-Infektion-körpereigene Abwehr

Praktisches Jahr:

10 Wochen	Universitätsklinik für Gefäßchirurgie der Medizinischen Universität Graz
10 Wochen Barmherzigen	Interne Abteilung des Krankenhauses der Brüder Eggenberg
5 Wochen	Allgemeinmedizinische Praxis Dr. Reinbacher, Gleisdorf
5 Wochen	Universitätsklinik für Psychiatrie der Medizinischen Universität Graz

