

Aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie

Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. Jens Ricke



Klinische Erfolgskontrolle

CT-Fluoroskopie-gesteuerter Biopsien im Abdomen

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Viktoria Elisabeth Walther

aus

Starnberg

2023

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Philipp Marius Paprottka
Mitberichterstatter:	PD Dr. Tobias Jakobs
Mitbetreuung durch die promovierten Mitarbeiter:	PD Dr. Frederik Strobl PD Dr. Matthias Fabritius
Dekan:	Prof. Dr. med. Thomas Gudermann
Tag der mündlichen Prüfung:	20.07.2023

Stand 01/2022

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	3
2	Abkürzungsverzeichnis.....	6
3	Einleitung	7
3.1	Klinischer Hintergrund	7
3.1.1	Raumforderungen.....	7
3.1.2	Leberraumforderungen	7
3.1.3	Pankreasraumforderungen	8
3.1.4	Nierenraumforderungen.....	9
3.1.5	Sonstige Raumforderungen des Abdomens.....	10
3.2	Biopsien im Allgemeinen	11
3.3	CT-gesteuerte Biopsien	12
3.3.1	Konventionell	12
3.3.2	Fluoroskopie	13
3.4	CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie in unserer Klinik.....	15
3.4.1	Vorbereitung der Intervention.....	15
3.4.2	Ablauf der Intervention.....	16
4	Zielsetzung der Arbeit	18
5	Material und Methoden.....	19
5.1	Patientenkollektiv	19
5.2	Analyseparameter	19
5.2.1	Patientendaten	19
5.2.2	Laborchemische Parameter	20
5.2.3	Vorbereitung der Biopsie	20
5.2.4	Kennzeichen der Biopsie	20
5.2.5	Pathologische Aufarbeitung.....	21
5.3	Definitionen	21
5.3.1	Blutgerinnungsstörung.....	21
5.3.2	Effektive Dosis.....	21
5.3.3	Interventionsdauer	21
5.3.4	Komplikationen	22
5.3.5	Procedere bei Komplikationen.....	22
5.3.6	Technischer Erfolg.....	22

5.3.7	Klinischer Erfolg	22
5.4	Datenerfassung und Statistische Auswertung	23
6	Ergebnisse	25
6.1	Allgemeine Ergebnisse	25
6.1.1	Indikation zur Biopsie.....	25
6.1.2	Patientenkollektiv	25
6.1.3	Klinischer Erfolg	25
6.1.4	Biopsiegebiete.....	26
6.2	Ergebnisse der Auswertung von 570 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien der Leber....	27
6.2.1	Patientencharakteristika	27
6.2.2	Interventionscharakteristika	28
6.2.3	Dosimetrie.....	32
6.2.4	Komplikationen	33
6.2.5	Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate	37
6.2.6	Erfolgsrate.....	39
6.2.7	Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg	42
6.3	Ergebnisse der Auswertung von 67 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien des Pankreas	45
6.3.1	Patientencharakteristika	45
6.3.2	Interventionscharakteristika	46
6.3.3	Dosimetrie.....	50
6.3.4	Komplikationen	51
6.3.5	Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate	54
6.3.6	Erfolgsrate.....	55
6.3.7	Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg	58
6.4	Ergebnisse der Auswertung von 55 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien der Nieren....	60
6.4.1	Patientencharakteristika	60
6.4.2	Interventionscharakteristika	61
6.4.3	Dosimetrie.....	65
6.4.4	Komplikationen	66
6.4.5	Einflussfaktoren auf die Komplikationsart	68
6.4.6	Erfolgsrate.....	69
6.4.7	Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg	72
6.5	Ergebnisse der Auswertung von 600 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien sonstiger Organe im Abdomen	74
6.5.1	Patientencharakteristika	74

6.5.2	Interventionscharakteristika	75
6.5.3	Dosimetrie.....	80
6.5.4	Komplikationen	81
6.5.5	Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate	85
6.5.6	Erfolgsrate.....	87
6.5.7	Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg	90
6.6	Statistische Einflussfaktoren im Überblick	93
6.6.1	Einflussfaktoren auf die klinische Erfolgsrate in Leber, Pankreas, Niere und Abdomen ..	93
6.6.2	Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate in Leber, Pankreas, Niere und Abdomen	93
7	Diskussion.....	94
7.1	Klinische Erfolgsrate und Einflussfaktoren	94
7.1.1	Leber	94
7.1.2	Pankreas.....	95
7.1.3	Niere	96
7.1.4	Sonstige Organe im Abdomen	98
7.2	Komplikationsrate und Einflussfaktoren	100
7.2.1	Leber	100
7.2.2	Pankreas.....	101
7.2.3	Niere	103
7.2.4	Sonstige Organe im Abdomen	103
7.3	Strahlenbelastung.....	106
7.4	Limitationen	108
7.5	Ausblick.....	108
8	Zusammenfassung	109
9	Danksagung	110
10	Anhang	111
10.1	Votum der Ethikkommission	111
10.2	Abbildungsverzeichnis	112
10.3	Tabellenverzeichnis	113
11	Eidesstattliche Erklärung.....	115
12	Lebenslauf	116
13	Literaturverzeichnis	118

2 Abkürzungsverzeichnis

CIRSE	Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe
cm	Zentimeter
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
DLBCL	diffus großzelliges B-Zell-Lymphom
DLP	Dosislängenprodukt
EBV	Epstein-Barr-Virus
et al.	et alia
G	Gauge
G/l	Giga pro Liter
Hb	Hämoglobin
HCC	Hepatozelluläres Karzinom
INR	International Ratio
KI	Konfidenzintervall
KIS	Krankenhausinformationssystem
kV	Kilovolt
mA	Milliampere
mAs	Milliamperesekunden
mGy*cm	Milli-Gray* Zentimeter
µL	Mikroliter
min	Minuten
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
mSv	Millisievert
N	Anzahl
OP	Operation
p	Signifikanzwert
PACS	Picture Archiving and Communication System
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
Ref	Referenz
RIS	Radiologisches Informationssystem
SAP	Patienteninformationssystem
SPSS	Statistical Package of the Social Science
vs.	versus

3 Einleitung

3.1 Klinischer Hintergrund

3.1.1 Raumforderungen

Raumforderungen können klinisch tastbare oder sichtbare Resistenzen darstellen und werden als pathologisch angesehen, da sie zu einer Veränderung und Verdrängung der physiologischen Organkontur und -funktion führen können (1). Raumforderungen können zufällig bei einer radiologischen Untersuchung ohne Hinweis auf eine Erkrankung auffallen wie z. B. die sogenannten Inzidentalome der Nebennieren (2). Ursächlich für Raumforderungen sind insbesondere maligne und benigne Tumore, Entzündungen oder reparative Prozesse im Gewebe (1). Abdominelle Raumforderungen sind häufig in den parenchymatösen Oberbauchorganen wie Leber, Pankreas oder Nieren lokalisiert, können jedoch auch im Abdomen ohne eindeutige Organzugehörigkeit vorliegen (1). Trotz moderner bildgebender Diagnostik wie Sonographie, Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT) ist eine genauere Einordnung häufig nicht möglich, sodass Gewebematerial gewonnen werden muss um die Raumforderungen histologisch zu beurteilen (1).

3.1.2 Leberraumforderungen

Bei Leberraumforderungen kann zwischen benignen, malignen oder entzündlichen Raumforderungen unterschieden werden. Bei benignen Leberraumforderungen sind Hämangiome, fokale noduläre Hyperplasien und Leberzelladenome von besonderer klinischer Bedeutung (3). Bei malignen Raumforderungen wird zwischen primären wie dem hepatozellulären Karzinom (HCC) und sekundären wie Metastasen differenziert (4). Eine Analyse über das Jahr 2015 zeigte weltweit 854.000 Erkrankte und 810.000 Todesfälle durch primären Leberkrebs und stellte die sechsthäufigste Krebserkrankung und vierthäufigste Krebstodesursache dar (5). Bei circa 90% lag ein HCC vor (6). Die Inzidenz des HCC ist steigend (5, 7, 8). In einer Analyse der Vereinigten Staaten zeigte die Inzidenz des HCC ein Wachstum von 4,4/100.000 Einwohner im Jahr 2000 auf 6,7/100.000 im Jahr 2012 (8). In Deutschland gab es im Jahr 2014 insgesamt 5.710 Fälle mit HCC (9). Männer erkrankten häufiger als Frauen (5, 9). In tropischen Bereichen von Afrika, Asien und insbesondere China ist es teilweise das häufigste Malignom bei Männern (7). In Afrika und Asien sind überwiegend Menschen im 3.-4. Lebensjahrzehnt, in Europa und den USA überwiegend im 5.-6. Lebensjahrzehnt betroffen (7). Ein Hauptrisikofaktor zur Entstehung eines HCC ist das Vorliegen einer Leberzirrhose (7, 10, 11). Bei dessen Entstehung sind insbesondere chronische Hepatitis B und C Infektionen von Bedeutung (7, 10, 11). Eine Leberzirrhose durch äthyltoxische Schädigung oder Hämochromatose, Virushepatitiden ohne Zirrhose oder der

Verzehr von mit Aflatoxin B1 des *Aspergillus Flavus* kontaminierte Nahrungsmittel sind ebenfalls Risikofaktoren (7, 9, 10). Unter Berücksichtigung der Risikofaktoren sowie einer Alpha-1-Fetoprotein-Erhöhung und bildgebender Verfahren wie Sonographie, CT und MRT kann ein HCC diagnostiziert werden (7). In der Bildgebung ist das typische Kontrastmittelverhalten der Hypervaskularisation kennzeichnend (7). Falls in der Bildgebung keine definitive Diagnose eines HCC gestellt werden kann, ist das Biopsieverfahren ein wichtiger diagnostischer Schritt (12). Entsprechend dem Barcelona-Clinic-Liver-Cancer-System reicht die Behandlung des HCC stadiengerecht von operativer Resektion, Lebertransplantation, lokal ablativen Verfahren, selektiver Radiotherapie bis zu einer palliativen Versorgung (7).

3.1.3 Pankreasraumforderungen

Bei Pankreasraumforderungen kann zwischen endokrinen und exokrinen Tumoren unterschieden werden. Als endokrine Pankreastumore treten zum Beispiel Insulinome, Gastrinome, Glukagonome, VIPome und weitere hormonell aktive Tumore auf (13). Bei exokrinen Pankreastumoren wird zwischen dem duktalem Adenokarzinom, anderen soliden Pankreastumoren wie dem Azinuszellkarzinom oder Pankreatoblastom, zystischen Pankreastumoren wie der muzinös-zystischen, der intraduktal-papillär-muzinösen, der serös-zystischen oder der solide-pseudopapillären Neoplasie und Pankreasmetastasen differenziert (14). Das duktales Adenokarzinom stellt die häufigste Tumorentität der nicht endokrinen Pankreaskarzinome dar (14, 15). Abhängig von demographischen Merkmalen ist die Inzidenz der Pankreastumore steigend (16, 17). In Deutschland erkrankten im Jahr 2013 circa 8.700 Männer und 8.500 Frauen an einem Pankreaskarzinom, im selben Jahr starben 16.601 Menschen daran (18). Die 5-Jahresprävalenz ging aufgrund der ungünstigen Überlebensprognose in etwa mit den jährlichen Neuerkrankungen einher (18). Die enge Parallele zwischen Inzidenz und Mortalität des Pankreaskarzinoms verdeutlicht die schlechte Prognose (19, 20). In den Vereinigten Staaten steht das Pankreaskarzinom je nach Literatur an dritter bzw. vierter Stelle der Krebstodesursachen (16, 17, 19). Betroffen ist insbesondere das siebte Lebensjahrzehnt (7, 16, 17). Genetische Disposition, Zigarettenrauch, hoher Alkoholkonsum, Adipositas, chronische Pankreatitis und zystische Neoplasien stellen ätiologische Faktoren dar (7). Gemäß S3-Leitlinie ist die chirurgische R0-Resektion die einzig potentiell kurative Therapie (21). Die Resektion im Gesunden ist auch bei Infiltration von Nachbarorganen möglich (21). Nach R0-Resektion kann eine adjuvante Chemotherapie, bei Fernmetastasen oder lokal fortgeschrittenem Karzinom eine palliative Chemotherapie durchgeführt werden (7, 21). Wenn die Läsion des Pankreas potenziell chirurgisch resektabel ist, wird eine präoperative Biopsie nicht generell empfohlen (21, 22). Bildmorphologisch ist das Pankreaskarzinom teils nur eingeschränkt von Veränderungen durch andere Erkrankungen des Pankreas wie

beispielsweise einer chronischen Pankreatitis zu differenzieren (13, 15). So kann eine kontrastmittelgestützte Bildgebung und Biopsie dennoch benötigt werden (13). Insbesondere bei Verdacht auf maligne Raumforderungen mit systemischer Streuung oder lokaler Irresektabilität ist eine Biopsie für die palliative oder neoadjuvante Therapie von Bedeutung (22). Zudem ermöglicht die Histologiegewinnung ein Genexpressionsprofiling, das molekular und klinisch bedeutend ist (23). Konkret bedeutet es, dass subtypspezifische Marker in Kombination mit einem Deep Learning basierten Klassifikationssystem bei Patienten mit duktalem Adenokarzinom des Pankreas für personalisierte Behandlungen stratifiziert werden können (23).

3.1.4 Nierenraumforderungen

In den meisten Fällen sind Nierenraumforderungen einfache Nierenzysten (24). Polyzystische Nierenerkrankungen, entzündliche Veränderungen oder solide Raumforderungen wie das benigne Angiomyolipom oder das maligne Nierenzellkarzinom stellen mögliche Differentialdiagnosen dar (24). Die Inzidenz von Nierentumoren ist insbesondere durch die zunehmende Erkennung von kleinen Tumormassen steigend (25-27). Ein Faktor ist, dass die radiographische Größe signifikant mit der Malignität einer Raumforderung korreliert (28). Bei steigender Tumorgöße nimmt die Wahrscheinlichkeit eines malignen Tumors im Vergleich zu benignem Tumor zu (29). Benigne oder maligne Nierenraumforderungen können in der Bildgebung häufig anhand gewisser Kriterien wie der Kontrastmittelanreicherung unterschieden werden (30). Wenn die Läsion durch die Merkmale in der Bildgebung nicht eingeteilt werden kann, wird die Verwendung von Stanzbiopsien als Diagnostikum empfohlen (30). Im Jahr 2013 erkrankten in Deutschland 14.910 Menschen (5.550 Frauen und 9.360 Männer) an einer bösartigen Erkrankung der Nieren (18). Maligne Nierentumore sind in 90% Nierenzellkarzinome (31). Nierenzellkarzinome treten vermehrt ab dem 50. Lebensjahr auf (7). Männer sind häufiger betroffen als Frauen (7, 31). Das Erkrankungsrisiko wird durch Faktoren wie Bluthochdruck, hohen Body-Mass-Index oder Nikotinkonsum beeinflusst (31, 32). Die Behandlung erfolgt in der Regel durch laparoskopische, offenchirurgische oder robotische Resektion, wenn möglich organerhaltend, ansonsten erfolgt eine Nephrektomie (33). Bei Nierenzellkarzinomen mit kleiner Tumorgöße oder bei Patienten mit hoher Komorbidität bzw. begrenzter Lebenserwartung stellen Kryo- oder Radiofrequenzablation eine Therapieoptionen dar, vor deren Anwendung eine perkutane Nierenbiopsie zur histologischen Diagnosesicherung erfolgen sollte (33).

3.1.5 Sonstige Raumforderungen des Abdomens

Aufgrund der klinischen Relevanz wird im Abschnitt sonstige Raumforderungen des Abdomens ein Schwerpunkt auf Erkrankungen der lymphatischen und blutbildenden Organe gelegt. Lymphknoten zählen zu den sekundär lymphatischen Organen und sind wichtiger Teil des Immunsystems (34). Verschiedene Ursachen führen zu einer Lymphknotenvergrößerung bzw. -schwellung. Gutartige Vergrößerungen sind meist infektiöser oder immunologischer Genese, bösartige Vergrößerungen können durch die Metastasierung von Karzinomen oder durch Malignome des blutbildenden Systems, sog. hämatologische Erkrankungen entstehen (34). Zu hämatologischen Erkrankungen zählen beispielsweise akute und chronische Leukämien oder maligne Lymphome (7). Bei akuten Leukämien treten molekulargenetisch veränderte hämatopoetische Vorstufen auf, die alle Zellreihen betreffen können (35). Die akut lymphatischen Leukämien treten meist im Kindesalter, die akut myeloischen Leukämien vermehrt im Erwachsenenalter auf (35). Lymphome können durch maligne Transformation von Zellen der lymphatischen Reihe entstehen (36). Es wird zwischen Morbus Hodgkin und Non-Hodgkin-Lymphomen unterschieden (7). Die Non-Hodgkin-Lymphome werden je nach zugrunde liegendem Zelltyp in niedrig- und hochmaligne Lymphome sowie T-Zell- und B-Zelllymphome und damit in klinisch relevante Gruppen eingeteilt (37). Lymphome und Karzinometastasen sind häufige Ursachen für eine abdominelle Lymphknotenveränderung (34). An einer malignen Neubildung des lymphatischen und blutbildenden Systems erkrankten in Deutschland 2013 etwa 39.300 Männer, Frauen und Kinder, knapp die Hälfte (18.831 Personen) verstarb hieran (18). Trotz Zunahme der Erkrankungen der lymphatischen und blutbildenden Organe, nimmt die Sterblichkeit bei Erwachsenen und Kindern seit circa 20 Jahren ab (18). Risikofaktoren zur Entstehung von Non-Hodgkin-Lymphomen sind toxische und radioaktive Stoffe, Immundefekte sowie Infektionen mit beispielsweise Epstein-Barr-Virus (7). Insbesondere ein Defekt des Immunsystems scheint ein prädisponierender Faktor für Epstein-Barr-Virus assoziierte B-Zell-Lymphoproliferationen und Lymphome zu sein (38). Bei Verdacht auf ein malignes Lymphom aufgrund klinischer Untersuchungszeichen wie einer druckindolenten Lymphadenopathie, B-Symptomatik oder Leistungsminderung ist eine Lymphknotenbiopsie ein wichtiges diagnostisches Mittel zur histologischen Einordnung (39, 40). Je nach histologischer Differenzierung können die Therapieansätze bei hämatologischen Krankheiten zwischen Bestrahlung, Chemo- oder Antikörpertherapie variieren (7).

3.2 Biopsien im Allgemeinen

Die genannten Aspekte zu abdominellen Raumforderungen verdeutlichen die klinische Relevanz, diese durch bildgebende Verfahren differentialdiagnostisch zu beurteilen und gegebenenfalls Gewebeproben mittels Biopsie für eine weitere Einordnung zu entnehmen. Der Begriff Biopsie bezeichnet die Entnahme und Untersuchung einer Gewebeprobe um eine definitive Diagnose für auffällige Läsionen oder Organstrukturen zu stellen (41). Das Gewebe kann histologisch, zytologisch oder mikrobiologisch beurteilt werden um zwischen maligne vs. benigne oder dem Gewebeursprung zu differenzieren (41). Insbesondere bei Verdacht auf eine maligne Pathologie sind Biopsien eine etablierte Methode zur genauen Einordnung und weiteren Therapieplanung (41). Im Rahmen der Präzisionsmedizin können mit molekularem Profiling klinisch relevante Informationen zu Diagnostik, Prognose und präzisen Tumortherapien gewonnen werden (42).

Die Gewinnung von Gewebe kann bildgesteuert oder operativ erfolgen. Je nach Entnahmeverfahren wird zwischen offenen Biopsien wie der Exzisions- oder Inzisionsbiopsie sowie Nadel- und Stanzbiopsien unterschieden (43). Bei einer Exzisionsbiopsie wird das gesamte auffällige Gewebe oder ein ganzes Organ operativ entfernt und histologisch beurteilt (44). Bei Inzisionsbiopsien wird ein Teil des suspekten Befundes bzw. der Gewebeveränderung zur histologischen Untersuchung operativ entfernt (43). Mithilfe von Bildgebung wie Sonographie, CT und MRT werden Nadel- und Stanzbiopsien als diagnostische Verfahren genutzt (44). Bei Nadel- und Stanzbiopsien unterscheidet man Feinnadel-, Trokar- und Kernnadelbiopsien (43). Eine Nadelbiopsie dient zur zytologischen Auswertung, hingegen kann eine Stanzbiopsie auch histologisch beurteilt werden (44). Im Abdomen wird die Gewinnung von Gewebe insbesondere durch Computertomographie oder Sonographie bildgesteuert durchgeführt (45). Vorteile der Sonographie sind die genaue Darstellung der Strukturen in Echtzeitbedingungen, die hohe Verfügbarkeit der Geräte, der mögliche Einsatz an verschiedenen Orten wie Operationssälen oder Intensivstationen und die mögliche Verwendung von konventionellen oder speziellen Punktionsschallköpfen (46). Weitere Vorteile stellen geringe Kosten und fehlende Strahlenbelastung dar (47). Je nach Lage der Läsion kann bei Sonographie gesteuerten Biopsien ein perkutaner oder endoskopischer Zugangsweg gewählt werden (46). Nachteilig ist die Methode der Sonographie aufgrund fehlender Darstellungsmöglichkeit von luftgefüllten oder knöchernen Strukturen (47). Wenn luftgefüllte Bereiche oder Knochen durchdrungen werden müssen, ist häufig eine eingeschränkte Visualisierung der Läsion durch Körperbau oder ein ungeeignetes Punktionfenster von Nachteil (45). Bei der Bildsteuerung durch Computertomographie können Luft, Knochen, Kalk oder Fremdkörper uneingeschränkt und anatomische Strukturen dreidimensional dargestellt werden (46). Durch schnelle Akquisitionzeiten kann die Interventionsdauer relativ gering sein (46). Ein weiterer Vorteil der CT besteht in der Möglichkeit zu stereotaktischen Verfahren (47).

Nachteile der CT sind Strahlenbelastung und limitierter Weichteilkontrast (47). Die CT findet insbesondere bei Biopsien in anatomischer Nähe von Hohlorganen, Gefäß-Nerven-Strukturen oder Darmschlingen Anwendung um die Biopsienadel präzise führen zu können und damit Komplikationen zu vermeiden (46). MRT-gesteuerte Biopsien sind bei der Darstellung von Weichgewebiskontrast aufgrund der hohen Auflösung vorteilig (45-47). Die fehlende Strahlenbelastung und die mögliche Echtzeitkontrolle sind weitere Vorteile (47). Nachteile der MRT-gesteuerten Biopsien sind höhere Kosten, eingeschränkte Platzverhältnisse und eine geringere Verfügbarkeit (47).

3.3 CT-gesteuerte Biopsien

3.3.1 Konventionell

Ein Computertomograph besteht aus den Elementen Röntgenstrahler, Detektor, Gantry und Patiententisch (48). In der Gantry kann die Röntgenstrahler-Detektoreinheit rotieren (48). Ebenso kann sie um den Patienten kreisen, der auf dem Patiententisch per Steuerelement horizontal und vertikal verschoben werden kann (49). Durch Röntgenstrahlung werden aus verschiedenen Richtungen Röntgenbilder generiert und daraus mithilfe eines Computers Schnittbilder berechnet, sodass im Gegensatz zum Röntgen eine überlagerungsfreie Darstellung von Gewebe möglich ist (50). Die Akquisitionsparameter des Röntgenstrahlers sind Röhrenstrom, Röhrenspannung und Scandfeld, des Detektors die Kollimation, der Gantry die Rotationsgeschwindigkeit, des Patiententisches Pitch und Tischvorschub (48). Bei sequentieller Technik wird der Tisch inkonstant verschoben (Tischvorschub), bei Spiral-CT mit konstanter Geschwindigkeit (Pitch) (48). Bei der Mehrschicht-CT können in Patientenlängsrichtung mehrere nebeneinanderliegende Detektorzeilen mehrere Schichten des Patienten aufnehmen (49). Die Röntgenstrahlung entsteht durch beschleunigte Elektronen, die von der Kathode ausgehend auf dem Anodenmaterial auftreffen (49). Dabei fließt der Röhrenstrom durch die Heizkathode und führt zur Emission von Elektronen (49). Der Röhrenstrom wird in Milliampere (mA) angegeben (49). Die Röhrenspannung entspricht der Potentialdifferenz zwischen Heizkathode und Anode in der Röntgenröhre, bestimmt die Geschwindigkeit der auf die Anode auftreffenden Elektronen und wird in Kilovolt (kV) angegeben (49). Die Kollimation stellt die Breite des eingblendeten Strahlenfächers dar, je kleiner die Kollimation, desto höher ist die Bildauflösung (49). Die Grundlage der CT-Bildberechnung ist ein Voxel, das ein dreidimensionales Pixel definiert und Absorptionswerte kodiert (49). Das errechnete CT-Bild stellt die Schwächung der Volumenelemente einer bestimmten Schicht dar, die im Verhältnis zum Schwächungswert von Wasser in Graustufen mittels Hounsfield-Einheiten beschrieben werden (49). Wasser hat dabei die Hounsfield-Einheit Null,

Luft -1.000 (49). Weil das menschliche Auge nicht alle Graustufen des Verrechnungsprozesses auflösen kann, werden CT-Bilder in Fensterungen betrachtet (49).

Da die Computertomographie eine wertvolle und verbreitete Methodik zur Darstellung von Pathologien ist, wurde sie auch für interventionelle Verfahren etabliert (51, 52). Aufgrund der hohen räumlichen Auflösung, einer guten Reproduzierbarkeit, einem großen Darstellungsgebiet und der möglichen Anwendung bei sowohl Luftgefülltem als auch Weich- und Knorpelgewebe stellt sie ein wichtiges klinisches Diagnostikum dar (53-55). Bei der sogenannten sequentiellen (konventionellen) CT-Methodik wird die Haut des Patienten mit einem röntgendichten Gitter für die Markierung des Einstichpunktes versehen und eine CT-Aufnahme der zu punktierenden Läsion angefertigt um die Länge des Zugangswegs zu messen (56). Entsprechend des Einstichpunktes und -winkels der Injektionsnadel zur Lokalanästhesieapplikation kann die Biopsienadel parallel dazu in das Gewebe geführt werden (56). Bei diffiziler anatomischer Lokalisation der Läsion kann ein angulierter Zugangsweg gewählt werden (57). Sequentiell werden während der Intervention Einzelschichtaufnahmen zur Kontrolle der Nadel bis zum Zielgebiet akquiriert (56). Die hohe Strahlenbelastung des Patienten bei dieser sequentiellen Technik (56) und die fehlende Möglichkeit einer Bildakquisition in Echtzeit bei CT-gesteuerten Biopsien werden als größter Nachteil beschrieben (53, 58). Die Computertomographie ist trotz Strahlenbelastung das einzige bildgebende Verfahren, das in allen Bereichen des Körpers inklusive Lunge und Knochen zur Steuerung perkutan durchgeführter Interventionen verwendet werden kann (56).

3.3.2 Fluoroskopie

Der technische Fortschritt ermöglichte die Entwicklung der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsietechnik, deren großer Vorteil der Bilderwerb in Echtzeit ist (53, 56). Erstmals berichteten Katada et al. im Jahr 1994 von der technischen Entwicklung dieser Methode (59). Beispielsweise können bis zu zehn Bilder pro Sekunde aufgenommen werden, was eine vergleichbare Echtzeitvisualisierung zur Sonographie darstellt und vor allem bei anguliert verlaufenden Zugangswegen oder atemabhängigen Bewegungen zu einer Vereinfachung führt (56). Die Darstellung von annähernd in Echtzeit verfügbaren Schnittbildern (53, 56) und die Reduktion der Interventionsdauer (51, 58, 60) erweisen sich im Vergleich zu konventioneller CT-Technik von Vorteil. Weitere Vorteile der CT-Fluoroskopietechnik stellen die schnelle Bildrekonstruktion (52), die praktikable Tischsteuerung im Interventionszimmer (60) und eine verringerte Zeit um die Nadel zu platzieren dar (61). Zu den zwei wichtigsten Vorteilen zählen die mögliche Minimierung der Strahlendosis für den Patienten (60) insbesondere durch die intermittierende Methode (53) und die möglich steigende Effizienz des Verfahrens (60). Die Strahlendosis der Untersuchung kann mit einer

niedrigen Röhrenspannung und einem niedrigen Röhrenstrom-Zeit-Produkt reduziert werden (49). Je niedriger der Röhrenstrom und je niedriger die Röhrenspannung bei konstantem Röhrenstrom, desto höher das Bildrauschen (48). Folglich ist bei niedrigerer Strahlenbelastung, das Bildrauschen höher und damit die Bildqualität geringer (48).

Es lassen sich bei der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Technik zwei Verfahren unterscheiden, die kontinuierliche (real time) sowie die intermittierende (quick check) Methode (56, 60). Bei der kontinuierlichen Methode wird die Intervention in Echtzeit mittels CT stetig durchleuchtet, während bei der intermittierenden Methode einzelne CT-Bilder bei veränderter Nadel- oder Tischposition akquiriert werden (56). In beiden Fällen wird die Mehrschicht-CT-Fluoroskopie mit breiten Detektoren bevorzugt, da die Nadelspitze bei Veränderungen der Schicht lokalisiert werden kann (62). Die Strahlenbelastung ist bei der quick check Methode geringer (61). Bei der real time Methode kann durch die kontinuierliche Bildaufnahme eine erhöhte Strahlenbelastung im Vergleich zu konventionellen CT-gesteuerten Biopsien entstehen (60). Sowohl der Patient als auch die medizinischen Arbeitskräfte sind während einer Fluoroskopie gesteuerten Intervention Strahlung ausgesetzt (53, 58, 60, 61). Beispielsweise hat die Verwendung von Teilwinkel-CT Fluoroskopie im Vergleich zu konventioneller Vollwinkel-CT Einfluss auf die Strahlendosis des Arztes bei CT-durchleuchtungsgeführten Verfahren (63). Die Strahlendosis des Arztes zeigte sich am geringsten, wenn sich der Arzt entfernt vom Tubus, also auf Detektorseite befand (63). Insgesamt ist die Strahlenbelastung insbesondere bei längerer Interventionsdauer und hohem Röhrenstrom von Bedeutung (60). Je höher der Röhrenstrom eingestellt wird, desto rauschärmer sind die CT-Bilder und desto höher ist die Strahlenexposition (48). Die Strahlendosis kann mit kürzerer Interventionszeit und geringeren Dosisparametern wie beispielsweise niedrigerer Röhrenspannung und -strom oder einer dünneren Kollimation gesenkt werden (58, 61). Dies hat jedoch Einfluss auf die Bildqualität (58). Insbesondere eine sog. Low-Milliampere-Technik mit Verringerung des Röhrenstroms auf beispielsweise 10-20mA in Zusammenspiel mit der quick check Methode reduziert die Durchleuchtungszeit und weist damit eine verringerte Strahlenbelastung für Patient und Personal auf (56, 64, 65). Eine Reduktion der Strahlenbelastung ist auch möglich, wenn die real time Fluoroskopie nur bei schwierigen Phasen der Biopsie oder diffizil zu erreichenden Läsionen verwendet wird (56, 60). Eine aktuelle Studie zeigte, dass CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien auch robotergestützt machbar sind (66).

3.4 CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie in unserer Klinik

3.4.1 Vorbereitung der Intervention

Die Indikation zur Biopsie wird in der Regel durch ein multidisziplinäres Team des Klinikums gestellt. Die Patienten erhalten bis mindestens 24 Stunden vor der Intervention eine Aufklärung über die Methode und mögliche Komplikationen der Intervention. Blutwerte wie CRP, Leukozyten, INR und Thrombozyten werden vorab kontrolliert. Die Gerinnungsparameter sollen in den Normwerten der *Society of Interventional Radiology* mit INR 0,9-1,1; aPTT 25-35s und einer Thrombozytenzahl von 150.000-450.000/ μ L liegen (67). Der Gerinnungsstatus und Komorbiditäten werden erfasst, da diese Einfluss auf die Blutungsneigung haben können (68). Je nach Situation des Patienten ist eine Intervention unter Narkose oder die Gabe eines Anxiolytikums indiziert. Der Interventionstisch wird mit Kompressen, Abdeckhaube, Lokalanästhetikum, Stanzbiopsiegerät mit Coaxialnadel, spitzem Skalpell zur Stichinzision, Nadelhalter und Pflaster steril für die Biopsie vorbereitet. Unmittelbar vor der Biopsie wird eine CT-Planungsaufnahme angefertigt, um die genaue Lage der Läsionen und der umliegenden anatomischen Strukturen zu analysieren, sodass der Stichkanal möglichst kurz und risikoarm gewählt werden kann. In der Planungsaufnahme sowie in der Intervention wird teilweise Kontrastmittel appliziert. Durch die Verwendung von Kontrastmittel kann eine Läsion charakterisiert oder ein relevanter Abschnitt bei diffusen multifokalen Arealen abgegrenzt werden (47). Der Patient wird mit einem intravenösen Zugang vorbereitet, damit im Fall von Komplikationen schnell gehandelt werden kann (69).

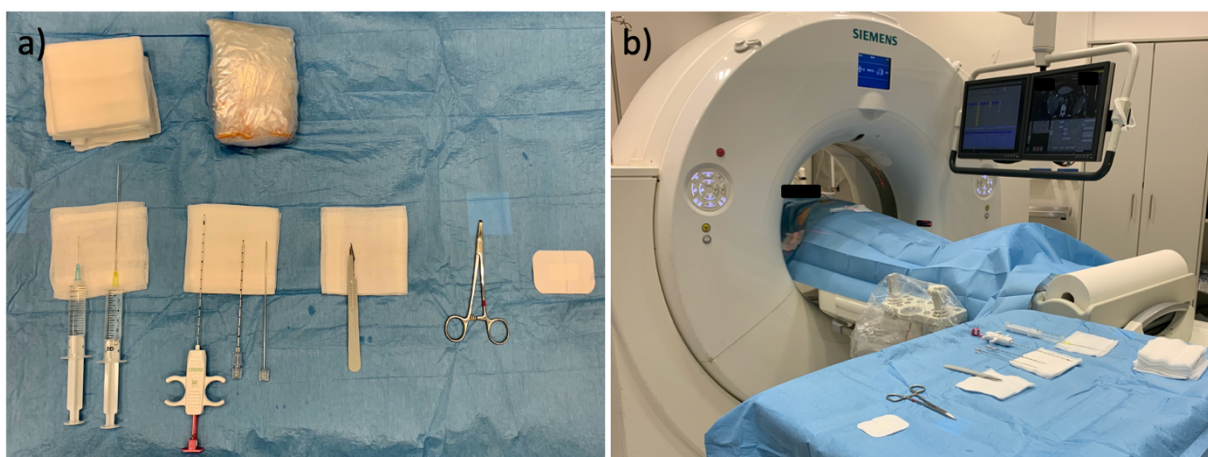


Abbildung 1. CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie einer Leberläsion. a) Steriler Interventionstisch mit Kompressen, Abdeckhaube, Lokalanästhetikum in zwei Spritzen, Stanzbiopsiegerät mit Coaxialnadel, spitzem Skalpell zur Stichinzision, Nadelhalter und Pflaster. b) Computertomograph mit Kontrollmonitor, Interventionstisch und Patient.

3.4.2 Ablauf der Intervention

Die Interventionen werden an 16 und 128 Zeilen-Multidetektor-CT-Geräten der Firma Siemens (10-20 mAs; 120kV; Somatom Definition AS+ oder Definition Edge, Siemens Healthcare, Erlangen) mit CT-Fluoroskopie Modus am Institut für klinische Radiologie (seit 06/2017 Klinik und Poliklinik für Radiologie) am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München von interventionellen Radiologen und Assistenzärzten durchgeführt. Für die Planungs- und Kontroll-CT wird das Online-Dosismodulationssystem (CareDOSE 4D, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Deutschland) verwendet, wodurch der Röhrenstrom an die Anatomie des Patienten im Bereich von 80-120kV und 100-200mAs angepasst werden kann. Es wird überwiegend die quick check Methode, nur in schwierigeren Fällen die real time Methode verwendet. Assistenzärzte in Weiterbildung werden von einem Facharzt für Radiologie und/oder Oberarzt der Abteilung supervidiert. Abhängig vom geplanten Zugangsweg aus der CT-Planungsaufnahme werden die Patienten in Rücken-, Bauch-, Rechts- oder Linksseitenlage positioniert. Der Zugangsweg liegt am idealsten in einer Bildebene zwischen Haut und Biopsieorgan (69). Nach Hautdesinfektion und steriler Abdeckung wird die Einstichstelle der Haut markiert und Lokalanästhesie (2% Mecain, PUREN Pharma, München, Deutschland) verabreicht. Es ist auf ausreichende Betäubung von Haut, Organkapseln oder Pleura zu achten (69). Daraufhin wird die Haut eingeschnitten und die Biopsienadel (Bard Mission, Tempe, AZ, USA) unter CT-Fluoroskopie-Kontrolle in Richtung der Läsion bewegt. Hier kann der Interventionstisch mit dem Patienten per Steuerelement in der Position verändert werden. Die Position der Biopsienadel während der Probeentnahme kann anhand von Bildgebung in Echtzeit überwacht werden. Je nach Lage der Läsion wird eine Feinnadel (19-23G) oder eine (Hochgeschwindigkeits-) Stanzbiopsienadel (true cut, 12-18G) mit einer maximalen Eindringtiefe zwischen 10 und 20mm verwendet. Mit zunehmendem Nadeldurchmesser lässt sich mehr Gewebe entnehmen, sodass sich Feinnadeln insbesondere für mikrobiologische und laborchemische Auswertungen eignen und Stanzbiopsienadeln zur Gewinnung von intakten Gewebeverbänden für eine zusätzliche immunhistochemische Analyse verwendet werden (56). Die Probenentnahme erfolgt teilweise in koaxialer Technik. Hier kann nach Stichinzision der Haut die Biopsiekanüle an der Läsion platziert, der Innenmandrin entfernt und das Biopsieschneidelement in die Biopsiekanüle eingeführt werden um über das Lumen der Biopsiekanüle mehrere Proben zu gewinnen (47). Die Gewebeproben werden in Formalin fixiert und im pathologischen Institut des Universitätsklinikums je nach Fragestellung mikrobiologisch, pathologisch oder immunhistochemisch ausgewertet. 5-10 Minuten nach der Probeentnahme und Entfernung der Biopsienadel wird eine Computertomographie zur Kontrolle angefertigt um mögliche Komplikationen wie eine Blutung zu detektieren. Eine postinterventionelle Bettruhe sowie klinische und laborchemische Kontrollen können Komplikationen auch detektieren und minimieren (56). Als Dauer

des gesamten Prozederes wird die Zeit zwischen präinterventioneller Planungs- und postinterventioneller Kontroll-CT gewertet.

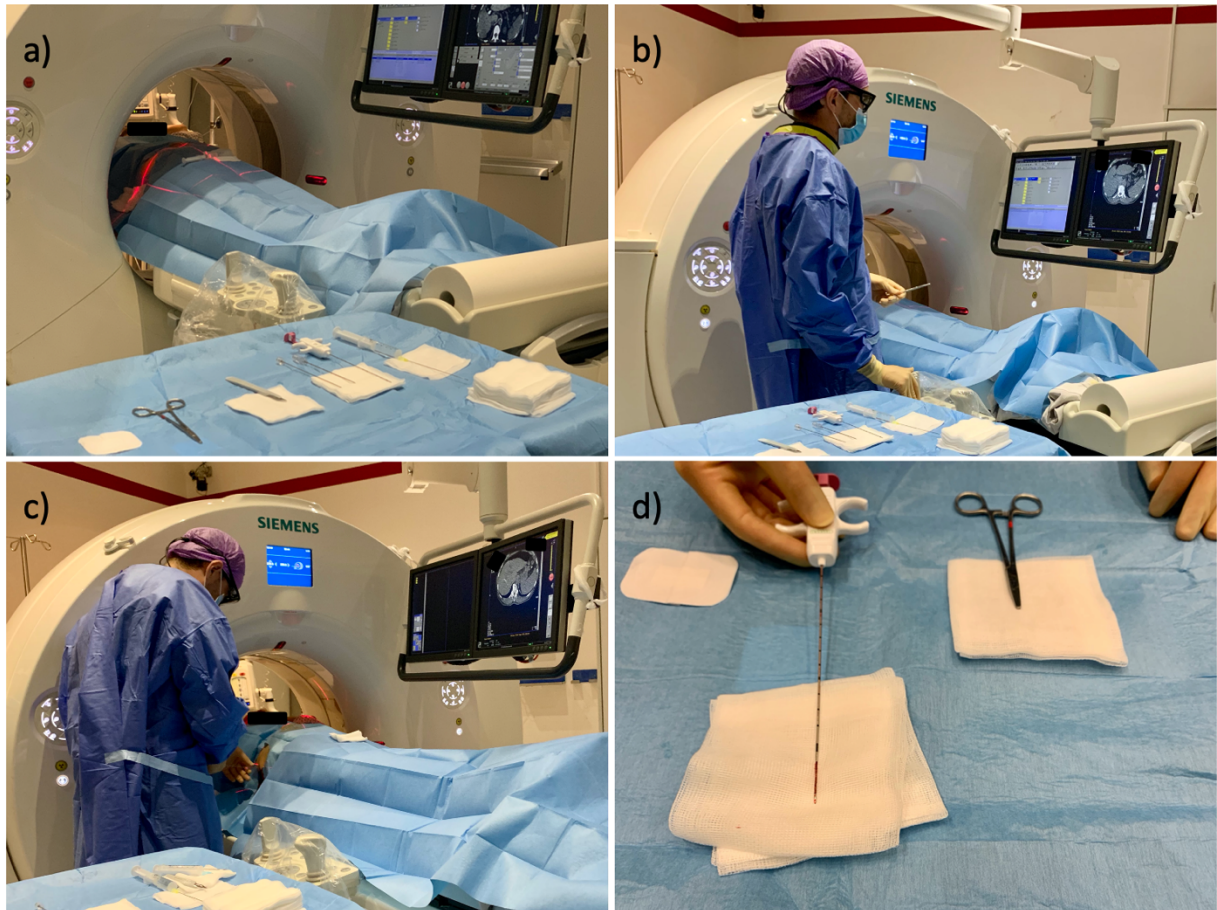


Abbildung 2. CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie einer Leberläsion.
a) präinterventionelle Planungs-CT. b) Vorbereitung des Zugangswegs mit Kontrollmonitor. c) Entnahme der Biopsie unter CT-Fluoroskopie. d) Biopsienadel mit Gewebeprobe.

4 Zielsetzung der Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist die Evaluation aller CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien im Abdomen, die in einem 5-Jahres-Zeitraum zwischen Januar 2012 und Dezember 2016 am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt wurden.

Für die Evaluation ist insbesondere von Bedeutung

- ob die Biopsie technisch und klinisch erfolgreich war
- welche Faktoren den klinischen Erfolg beeinflussten
- welche Art und Rate an Komplikationen entstanden
- welche Faktoren die Komplikationsrate beeinflussten
- wie hoch die Strahlenbelastung durch die Intervention war.

5 Material und Methoden

5.1 Patientenkollektiv

In dieser retrospektiven monozentrischen Studie wurden alle Patienten einbezogen, die im Zeitraum von Januar 2012 bis Dezember 2016 eine CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie im Abdomen am Institut für klinische Radiologie (seit 06/2017 Klinik und Poliklinik für Radiologie) am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München erhielten. Es wurden alle Patienten ausgewählt, die im radiologischen Informationssystem (RIS) des Klinikums als *CT-gesteuerte Biopsie im Abdomen* codiert waren. Es wurden auch Biopsien einbezogen, bei denen neben der Biopsie im Abdomen zusätzlich eine Knochen- oder Lungenbiopsie, eine Aszitespunktion, eine Drainage oder eine Markerimplantation stattfand. Analysiert wurde rein die Biopsie im Abdomen. Ausgeschlossen aus der Kohorte wurden Anlangen von Drainagen, Markerimplantationen, Anlagen von PEG-Sonden, Knochenbiopsien, Embolisationen von Aneurysmata und Patienten mit fehlender Information zur pathologischen Auswertung oder dem (post-)interventionellen Verlauf bezüglich Komplikationen. Kontraindikationen und damit Ausschlusskriterien einer Biopsie waren eine Schwangerschaft durch die Gefahr der ionisierenden Strahlung der CT (41), eine signifikante Koagulopathie mit mangelnder adäquater Korrektur (67), eine hämodynamische Instabilität bzw. eine kardiopulmonale Funktionseinschränkung, der Mangel eines sicheren Zugangs zur Läsion und die klinische Instabilität eines Patienten zur notwendigen Kooperation und Position während der Biopsie. Gemäß den Empfehlungen der *Society of Interventional Radiology* wurden als Einschlusskriterien die Gerinnungsnormwerte von INR 0,9-1,1 und einer Thrombozytenzahl von 150.000-450.000/ μL angestrebt (67). In einzelnen Fällen wurde in dieser Studie ein INR bis 1,7 oder eine Thrombozytenzahl von $<50.000/\mu\text{L}$ toleriert.

5.2 Analyseparameter

Alle Biopsien des Abdomens wurden hinsichtlich verschiedener Parameter analysiert und in Gruppen sortiert. Aufgrund der umfangreichen Daten wurde für den Ergebnisteil eine Auswahl der erfassten Parameter getroffen. In der Auswertung nicht berücksichtigte Parameter wurden *kursiv* abgebildet.

5.2.1 Patientendaten

- Alter
- Geschlecht
- Blutgerinnungsstörung
- Lebererkrankung

- *Geburtsdatum*
- *Untersuchungsdatum*
- *Gerinnungshemmende Medikamente*

5.2.2 Laborchemische Parameter

Bei den laborchemischen Parametern wurde der letzte Wert innerhalb vier Wochen vor der Biopsie gewählt. Falls in diesem Zeitraum kein Wert angegeben war, wurde der erste Wert direkt nach der Biopsie gewählt, in seltenen Fällen bis maximal vier Wochen postinterventionell.

- Leukozyten
- Thrombozyten
- INR
- *CRP*

5.2.3 Vorbereitung der Biopsie

- Region und Lokalisation der Pathologie
- Verdachtsdiagnose der Voraufnahme
- *Art und Datum der Voraufnahme*
- *Indikation der Biopsie*

5.2.4 Kennzeichen der Biopsie

- Art der Planungs-CT
- Lagerung des Patienten
- Nadellänge
- Nadelgröße
- Zugangsweg
- Länge des Stichkanals
- Zugang durch Organ
- Größe der Pathologie
- Anzahl der Proben
- Anwendung einer Narkose
- Name und Erfahrung des interventionellen Radiologen
- Komplikationen
- Procedere bei Komplikationen
- Tod durch Intervention
- Interventionsdauer
- Dosislängenprodukt (DLP) Fluoroskopie
- Dosislängenprodukt (DLP) Total
- Technischer Erfolg der Biopsie
- Klinischer Erfolg der Biopsie
- Grund für klinisch nicht erfolgreiche Biopsie
- *Aufenthaltsdauer im Krankenhaus nach einer Komplikation*

5.2.5 Pathologische Aufarbeitung

- Stanzlänge
- *Ergebnis der Mikrobiologie*
- *Ergebnis der Pathologie*
- *Ergebnis der Immunhistochemie*
- *Vorhandensein eines Tumors*
- *Verhalten des Tumors*
- *Art des Tumors*
- *Grading des Tumors*
- *Vorhandensein einer Metastase*
- *Art des Primarius bei Metastase*

5.3 Definitionen

5.3.1 Blutgerinnungsstörung

Als Blutgerinnungsstörung wurden Erkrankungen betrachtet, die zu einer Verlängerung der Blutungszeit führen. Beispiele waren eine Panzytopenie, eine Hämophilie A gravis, eine Thrombozytopenie bei Hypersplenismus oder autoimmuner Genese wie bei M.Werlhof, ein Anti-Phospholipid-Syndrom, eine Hypofibrinogenämie, ein erworbener Mangel an Gerinnungsfaktoren, ein Faktor XII-Mangel sowie ein allgemeines Gerinnungsversagen.

5.3.2 Effektive Dosis

Die effektive Dosis der Fluoroskopie lässt sich mit der Formel

$$E (Fluoro) = DLP * k$$

berechnen (70). Für den Faktor k wird der Wert 0,018 zur Berechnung verwendet (71, 72). Für den Faktor DLP wurde das Dosislängenprodukt (DLP) der Fluoroskopie mit der Einheit mGy*cm verwendet. Das Dosislängenprodukt bezeichnet die während der Computertomographie abgegebene Energie (49). Aus den erfassten Werten zum DLP Total kann mit der Formel

$$E (Total) = DLP * t$$

die effektive Dosis der gesamten Intervention berechnet werden (70). Folglich ist die effektive Dosis das Produkt von Dosislängenprodukt und Gewebegewichtungsfaktor (70). Der Gewebegewichtungsfaktor beträgt für den Bereich des Abdomens 0,0151 (73).

5.3.3 Interventionsdauer

Die Dauer der Intervention definierte sich durch den Beginn der Planungs-CT und endete mit der Kontroll-CT.

5.3.4 Komplikationen

Komplikationen wurden entweder unmittelbar während und nach der Intervention detektiert oder im Krankheitsverlauf der Patientenakte dokumentiert. Sie wurden in Minor- und Majorkomplikationen unterteilt. Bei einer Minorkomplikation entsteht keine Folgeerkrankung durch die Intervention, d.h. es wird eine geringe Therapie oder ein kurzer Krankenhausaufenthalt zur Überwachung benötigt (41). In dieser Studie zählten hierzu ein geringes (Leberkapsel-)hämatom, leichte Sensibilitätsstörungen, ein Arzneimittelexanthem sowie ein Pneumothorax ohne notwendige Behandlung. Eine Majorkomplikation wird durch eine benötigte Therapie mit (verlängertem) Krankenhausaufenthalt, ungeplantem Anstieg des Nachsorgeaufwands, einer längerfristigen Folgeerscheinung sowie dem Tod durch die Intervention definiert (41). Beispiele für eine Majorkomplikation waren Gewebeverletzungen wie Darmperforation, Pneumothorax mit notwendiger Intervention, Infektion, Blutung mit Bedarf an Erythrozytentransfusion, Angiographie oder Operation. Die Non-Compliance eines Patienten, Lufteinschlüsse, kleine Hämatome im Stichkanal wurden nicht als Komplikation gewertet.

5.3.5 Procedere bei Komplikationen

Das Procedere bei Komplikationen wurde in ein konservatives, minimalinvasives, angiographisches oder operatives Vorgehen eingeteilt. Ein konservatives Vorgehen definierte sich durch Überwachung der Vitalparameter und des Blutzuckerspiegels, Veränderung der Körperlage, Kompression der Biopsiestelle, Kontrollmessung des Hämoglobinwertes oder des Blutdrucks, Durchführung von Sonographie, Röntgen oder CT, Verklebung der Stichkanäle oder einer Therapie mit Analgetika oder Antibiotika. Unter minimalinvasiven Prozeduren wurden Drainageanlage und Bluttransfusion zusammengefasst. Zur Kategorie Angiographie zählte die interventionelle Versorgung von Blutungen mittels Mikrocoils. Ein operatives Vorgehen bedeutete eine chirurgische Intervention.

5.3.6 Technischer Erfolg

Eine Biopsie war technisch erfolgreich, wenn Gewebe gewonnen werden konnte.

5.3.7 Klinischer Erfolg

Eine Biopsie war klinisch erfolgreich, wenn das gewonnene Gewebe zu einer eindeutigen histologischen Auswertung mit konkreter Diagnose führte. Eine Biopsie konnte mit physiologischem Gewebe klinisch erfolgreich sein, wenn es sich in der klinischen Nachverfolgung bestätigte. Hierzu

wurde im Follow-up eines Jahres in der Patientenakte recherchiert. Falls es sich widerlegte, wurde die Biopsie als klinisch nicht erfolgreich gewertet. Eine Biopsie war auch klinisch nicht erfolgreich, wenn sich ein vermuteter Befund im Verlauf eines Jahres durch andere Diagnostik bestätigte. Die diagnostischen Mittel waren meist Rebiopsie, sonographisch gesteuerte Biopsie, Laparoskopie oder Operation wie beispielsweise eine Hemihepatektomie.

5.4 Datenerfassung und Statistische Auswertung

Für die Erfassung der Daten lag ein positives Votum der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München vor (siehe Anhang). Die Daten wurden an einem Arbeitsplatz des Instituts für klinische Radiologie (seit 06/2017 Klinik und Poliklinik für Radiologie) am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München erfasst. Das Krankenhausinformationssystem (KIS) mit dem Radiologieinformationssystem (RIS), dem Patienteninformationssystem (SAP) und dem Picture Archiving and Communication System (PACS) sowie das Bildverarbeitungsprogramm Syngo.via (Siemens Healthcare GmbH) wurden zur Ermittlung der Daten verwendet. Als Informationsquelle dienten Biopsiebericht, Pathologiebefund, Arztbriefe und weitere Dokumente der elektronischen Patientenakte. Die Daten wurden in einer Tabelle mit Microsoft Excel, 2016 (macOS) Version 15.39 zusammengefasst. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics (macOS) Version 25. In der deskriptiven Statistik wurden Häufigkeiten, prozentuale Verteilungen, Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima, Maxima und Mediane berechnet. Mit Kreuztabellen wurden die kategorialen Variablen im Hinblick auf den klinischen Erfolg der einzelnen Variablen analysiert. Die kategorialen Variablen wurden anhand des Chi-Quadrat Tests nach Pearson, die metrischen Variablen anhand des nicht parametrischen Mann-Whitney-U-Tests auf einen statistisch signifikanten Zusammenhang bezüglich des klinischen Erfolgs geprüft. Der Mann-Whitney-U-Test wurde sowohl für normal- als auch nicht normalverteilte Variablen angewandt.

Zudem wurden einzelne logistische Regressionsanalysen durchgeführt um die binär abhängige Variable des klinischen Erfolgs einer Biopsie sowie die binär abhängige Variable des Auftretens von Komplikationen zu analysieren. Ergänzend wurde eine multivariate binär logistische Regression hinsichtlich Komplikations- und Erfolgsrate durchgeführt. Bei uni- und multivariater binär logistischer Regression wurden die ermittelten p-Werte gegen ein Signifikanzniveau von 5% verglichen. In beiden Regressionsanalysen wurden die Odds Ratios mit den zugehörigen 95% Konfidenzintervallen ausgegeben. Die p-Werte und Odds Ratios wurden für die einzelnen Variablen mit verschiedenen Ausprägungen berechnet. In der multivariaten binär logistischen Regression wurden die signifikanten Variablen der univariaten Analyse verwendet, d. h. alle Variablen mit einem p-Wert $\leq 0,05$. Zusätzlich

wurde das Geschlecht unabhängig vom p-Wert der univariaten Analyse in das multivariate Modell eingeschlossen. Die Parameter flossen kategorial ins Modell. Für die multivariate Analyse wurde die Einschluss-Methode gewählt.

In der Statistik dieser Arbeit wurden die Bedingungen zur logistischen Regression nach Empfehlung der Universität Zürich angewandt (74). Die statistischen Voraussetzungen einer logistischen Regression sind eine binär abhängig codierte Variable, metrische Variablen als unabhängige Variablen oder kategoriale Variablen als Dummy Variablen codiert, eine Fallgröße von $n \geq 25$ für jede Gruppe eines kategorialen Prädiktors sowie nicht hochkorrelierende unabhängige Variablen (74). Insbesondere durch die nicht immer erreichte Fallgröße von $n \geq 25$ für jede Gruppe einer Variablen, unterschieden sich die getesteten Variablen der logistischen Regression in den verschiedenen Abschnitten des Abdomens. Ein Test auf Hochkorrelation der Variablen wurde nicht durchgeführt, da in der logistischen Regression dieser Arbeit nur kategoriale Variablen im Modell verwendet wurden.

6 Ergebnisse

6.1 Allgemeine Ergebnisse

6.1.1 Indikation zur Biopsie

In über 800 Fällen war die Indikation zur Biopsie eine in der Bildgebung auffallende Raumforderung, in über 200 Fällen der Verdacht auf eine Metastase. Weitere Indikationen waren das Vorliegen eines Abszesses, eine Rebiopsie oder in seltenen Fällen Parenchymatrophie, Transaminasenanstieg bei HCC oder eine akute Abstoßreaktion.

6.1.2 Patientenkollektiv

Insgesamt wurden 1.292 Biopsien bei 1.161 Patienten durchgeführt. Es wurden 573 Frauen und 719 Männer biopsiert. Das Alter lag im Bereich von 3 bis 99 Jahren. Das durchschnittliche Alter lag bei 61,9 ($\pm 14,5$) Jahren, bei Männern bei 62,6 ($\pm 14,1$) Jahren und bei Frauen bei 61,0 ($\pm 15,0$) Jahren.

6.1.3 Klinischer Erfolg

Eine Biopsie war klinisch erfolgreich, wenn das gewonnene Gewebe zu einer eindeutigen histologischen Auswertung mit konkreter Diagnose führte. Gründe für fehlenden klinischen Erfolg waren ein fehlender technischer Erfolg oder anatomisch nicht erreichbare, nekrotische oder zu kleine Läsionen.

6.1.4 Biopsiegebiete

Es wurden verschiedene Bereiche im Abdomen biopsiert: 570 Biopsien der Leber, 67 Biopsien des Pankreas und 55 Biopsien der Nieren. Weitere Bereiche waren 203 Biopsien im unteren Abdominalbereich und kleinen Becken, 185 Biopsien im Retroperitoneum, 121 Biopsien im oberen Abdominalbereich, 58 muskuläre Biopsien, 16 Nebennierenbiopsien, 8 Biopsien der Adnexe, 7 Milzbiopsien und 2 Uterusbiopsien. Diese wurden in der Gruppe sonstige Organe im Abdomen zusammengefasst.

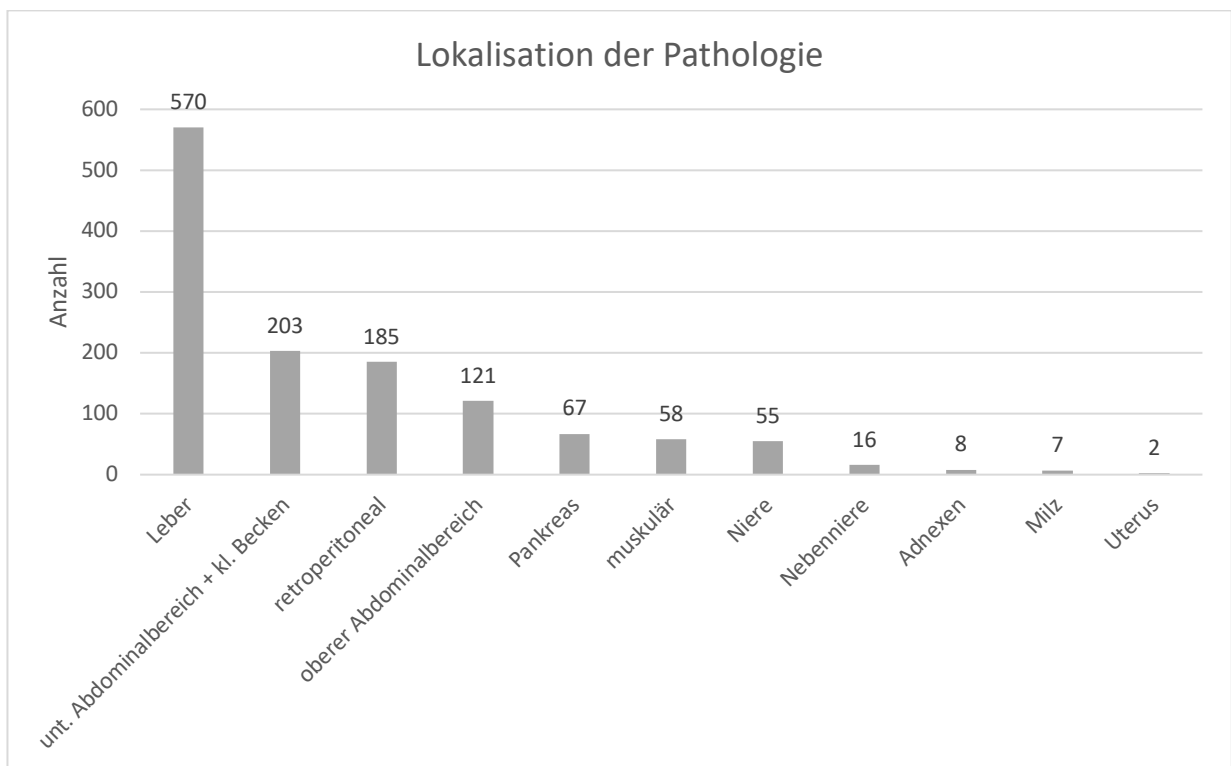


Abbildung 3. gesamte Biopsien im Abdomen - Lokalisation der Pathologie.

6.2 Ergebnisse der Auswertung von 570 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien der Leber

6.2.1 Patientencharakteristika

6.2.1.1 Geschlecht

Im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2016 wurden 570 CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien der Leber bei 518 Patienten durchgeführt. 326 (57,2%) waren Männer und 244 (42,8%) waren Frauen.

6.2.1.2 Alter

Das durchschnittliche Alter des Patientenkollektivs betrug 62,2 ($\pm 13,5$) Jahre. Das durchschnittliche weibliche Alter lag mit 60,4 ($\pm 14,4$) Jahren unter, das durchschnittliche männliche Alter mit 63,4 ($\pm 12,8$) Jahren oberhalb des allgemeinen Durchschnittsalters.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum
Alter allgemein	62,2	13,5	10	88
Alter weiblich	60,4	14,4	10	87
Alter männlich	63,4	12,8	18	88

Tabelle 1. Leberbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.

6.2.1.3 Blutwerte

Die Tabelle zeigt die Mittelwerte, Minima, Maxima und Mediane der Leukozyten- und Thrombozytenzahl sowie des INR der Patienten vor der Intervention.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl N	Median
Leukozyten (G/l)	7,8	7,1	1,4	145,0	567	6,8
Thrombozyten (G/l)	232,3	106,9	19,0	864,0	562	219,0
INR	1,1	0,2	0	2,0	558	1,1

Tabelle 2. Leberbiopsien - Blutwerte.

6.2.1.4 Relevante Vorerkrankungen

4,0% der Patienten hatten eine Blutgerinnungsstörung, 16,1% der Patienten eine Leberzirrhose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Blutgerinnungsstörung				20
nein	527	92,5	95,8	
ja	23	4,0	4,2	
Leberzirrhose				18
nein	460	80,7	83,3	
ja	92	16,1	16,7	

Tabelle 3. Leberbiopsien - relevante Erkrankungen.

6.2.2 Interventionscharakteristika

6.2.2.1 Lokalisation der Pathologie

348 (61,1%) der Pathologien lagen im rechten Leberlappen und 222 (38,9%) im linken Leberlappen.

Der rechte Leberlappen fasste die Segmente 5-8, der linke Leberlappen die Segmente 1-4 zusammen.

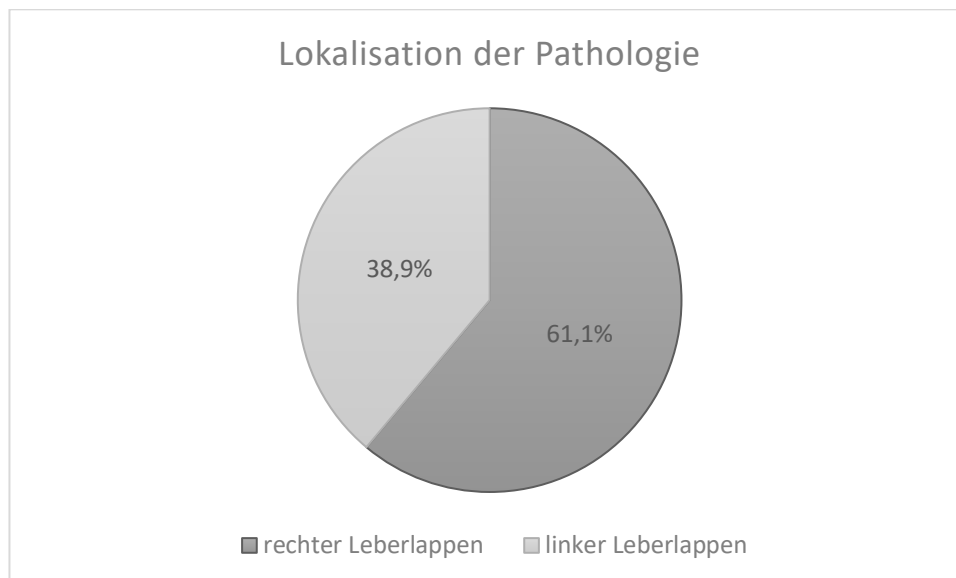


Abbildung 4. Leberbiopsien - Lokalisation der Pathologie.

6.2.2.2 Planungs-Computertomographie

Bei 327 (57,4%) Patienten wurde die Planungs-CT unmittelbar vor der Intervention mit intravenösem Kontrastmittel durchgeführt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Planungs-CT				6
nativ	237	41,6	42,0	
Kontrastmittel	327	57,4	58,0	

Tabelle 4. Leberbiopsien - Planungs-Computertomographie.

6.2.2.3 Narkose

3,3% der Patienten erhielten eine periinterventionelle Vollnarkose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Narkose				5
nein	546	95,8	96,6	
ja	19	3,3	3,4	

Tabelle 5. Leberbiopsien - Narkose.

6.2.2.4 Lagerung des Patienten

Die Biopsien wurden in Bauch-, Rücken-, Rechts- sowie Linksseitenlage durchgeführt. Die meisten Biopsien (486; 85,3%) fanden in Rückenlage statt, am seltensten in Bauchlage (6; 1,1%).

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Lagerung				2
Bauchlage	6	1,1	1,1	
Rückenlage	486	85,3	85,6	
Rechtsseitenlage	8	1,4	1,4	
Linksseitenlage	68	11,9	12,0	

Tabelle 6. Leberbiopsien - Lagerung des Patienten.

6.2.2.5 Nadelgröße

In 34,0% wurde eine 16 Gauge Nadel gewählt. Wenn die Nadelgrößen im Untersuchungsbericht nicht erwähnt wurden, gab es aufgrund der Weiterentwicklung eines Dokumentationsprogramms retrospektiv keinen anderen Zugriff. Das erklärt die hohe Anzahl an Fehlenden.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Nadelgröße				259
16G	194	34,0	62,4	
18G	104	18,2	33,4	
alle anderen	13	2,3	4,2	

Tabelle 7. Leberbiopsien - Nadelgröße.

6.2.2.6 Probenanzahl

Bei 427 (74,9%) Biopsien wurden 1 bis 3 Gewebeproben für die pathologische und mikrobielle Auswertung gewonnen.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Probenanzahl				25
0	2	0,4	0,4	
1 bis 3	427	74,9	78,3	
4 bis 6	104	18,2	19,1	
7 bis 9	12	2,1	2,2	

Tabelle 8. Leberbiopsien - Probenanzahl.

6.2.2.7 Zugangsweg

Der Zugangsweg wurde in ventral, lateral und dorsal eingeteilt. Für die meisten Biopsien (300; 52,6%) wurde ein ventraler Zugangsweg gewählt. 251 (44,0%) wurden von lateral und 6 (1,1%) von dorsal biopsiert.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugangsweg				13
ventral	300	52,6	53,9	
lateral	251	44,0	45,1	
dorsal	6	1,1	1,1	

Tabelle 9. Leberbiopsien - Zugangsweg.

6.2.2.8 Zugang durch ein Organ

In 15 Fällen (2,6%) wurde die Leberläsion durch ein anderes Organ biopsiert. Der Stichkanal verlief in 13 Fällen durch die Lunge, in einem Fall durch die Niere und in einem Fall durch die Leber selbst bei einer fraglich perihepatischen Läsion. Bei 543 Patienten (95,3%) konnte der risikoärmere Weg ohne Verletzung eines zusätzlichen Organs gewählt werden.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugang durch Organ				12
nein	543	95,3	97,3	
ja	15	2,6	2,7	

Table 10. Leberbiopsien - Zugang durch ein Organ.

6.2.2.9 Erfahrung des Radiologen

61,8% der Biopsien wurden von radiologischen Assistenzärzten unter Supervision durchgeführt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Radiologe				8
Assistenzarzt	352	61,8	62,6	
Facharzt	210	36,8	37,4	

Table 11. Leberbiopsien - Erfahrung des Radiologen.

6.2.2.10 Weitere Charakteristika der Intervention

Die Größe einer Pathologie in der Leber lag im Mittelwert bei 3,6 ($\pm 2,4$)cm. Die kleinste Pathologie war 0,5cm groß. Die Proben hatten eine mittlere Stanzlänge von 1,8 ($\pm 1,3$)cm. Die Stichkanallänge lag im Mittelwert bei 8,5 ($\pm 2,5$)cm. Der kürzeste Stichkanal lag bei 2,7cm. Es wurden Nadellängen zwischen 10-25cm verwendet. Im Durchschnitt wurden 3 Proben innerhalb von 28,9 ($\pm 13,0$) Minuten gewonnen. Die kürzeste Intervention dauerte 4 Minuten, die längste 111 Minuten. Die Tabelle fasst Mittelwerte, Standardabweichungen, Mediane, Minima, Maxima und die Anzahl weiterer Charakteristika zusammen.

	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl	Median
Größe Pathologie (cm)	3,6	2,4	0,5	19,0	555	3,0
Stanzlänge	1,8	1,3	0,1	11,0	478	1,5

(cm)						
Länge Stichkanal (cm)	8,5	2,5	2,7	17,8	558	8,2
Nadellänge (cm)	13,0	2,3	10,0	25,0	171	13,0
Proben- anzahl (Stück)	2,8	1,4	0	9,0	545	3,0
Inter- ventions- dauer (min)	28,9	13,0	4,0	111,0	565	26,0

Tabelle 12. Leberbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.

6.2.3 Dosimetrie

Das Dosislängenprodukt der Fluoroskopie betrug im Mittel 46,4 ($\pm 46,1$)mGy*cm. Der Bereich lag zwischen 0,4mGy*cm und 376,0mGy*cm. Der Mittelwert des DLP der gesamten Intervention lag mit 622,7 ($\pm 555,3$)mGy*cm höher. Hier lagen die Werte des DLP zwischen 110mGy*cm und 11.044mGy*cm. Die mittlere effektive Dosis betrug 9,3 ($\pm 8,3$)mSv. Die Werte der effektiven Dosis wiesen einen Bereich von 1,7mSv bis 165,7mSv auf. Der Median lag bei 8,1mSv.

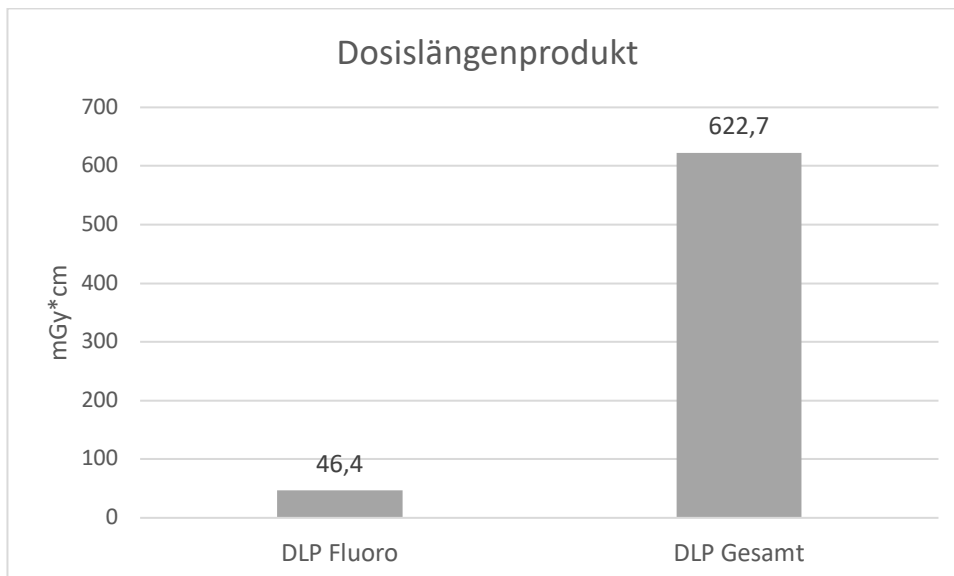


Abbildung 5. Leberbiopsien - Dosislängenprodukt.

6.2.4 Komplikationen

6.2.4.1 Komplikationsart

Bei 509 (89,3%) Leberbiopsien traten keine Komplikationen auf. In 57 (10,0%) Fällen kam es während und durch die Intervention zu einer Komplikation. Davon waren 52 (91,2%) Fälle Blutungskomplikationen. Andere Komplikationen waren 3 Pneumothoraces, ein Fall mit starken Schmerzen und ein hämorrhagischer Schock aufgrund einer Blutung. Bei 45 (7,9%) Leberbiopsien kam es zu einer Minorkomplikation, in 12 (2,1%) zu einer Majorkomplikation. Alle Majorkomplikationen der Leber waren mit einem Blutungsgeschehen assoziiert. Ein Patient (0,2% der Leberbiopsien) starb infolge der Intervention durch eine Blutung aufgrund eines Gerinnungsversagen bei bekannter Leberzirrhose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Komplikation allgemein				4
nein	509	89,3	89,9	
ja	57	10,0	10,1	
Komplikationsart				4
keine	509	89,3	89,9	
minor	45	7,9	8,0	
major	12	2,1	2,1	

Tabelle 13. Leberbiopsien - Überblick über die Komplikationen.

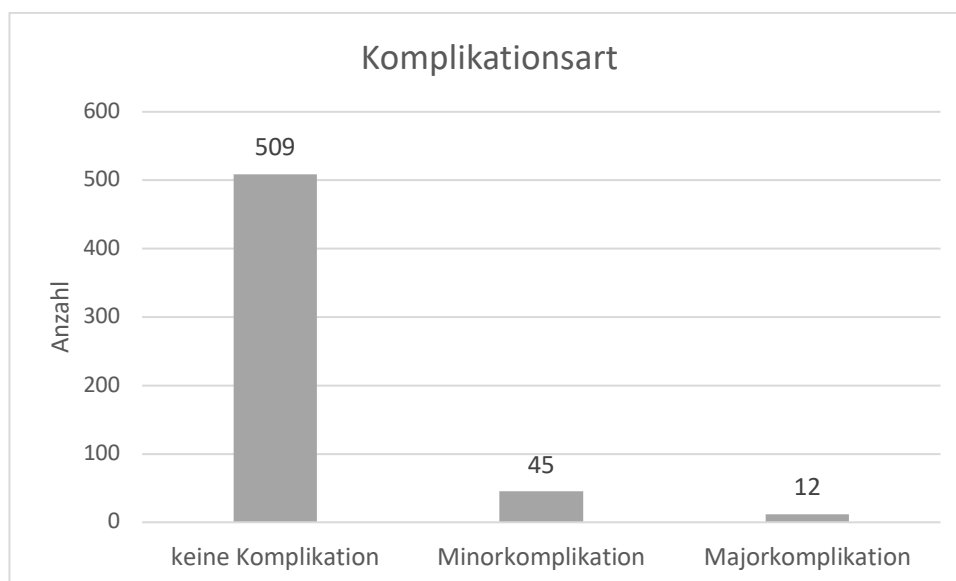


Abbildung 6. Leberbiopsien - Komplikationsart.

Die Tabelle zeigt die Majorkomplikationen der Leberbiopsien im Hinblick auf Lokalisation, Art und Procedere.

	Leber- lappen	Komplikation	Procedere
1	rechts	Blutung mit größenprogredientem Hämatom	Operation
2	rechts	Blutung mit perihepatischem Hämatom	Angiographie mit Coiling
3	rechts	arterielle Blutung	Angiographie mit Coiling
4	rechts	Blutung	Angiographie mit Coiling
5	rechts	Blutung mit perihepatischem und -splenischem Flüssigkeitssaum	minimalinvasiv
6	rechts	Blutung postinterventionell mit Gerinnungsversagen bei bekannter Leberzirrhose, Tod des Patienten	Operation
7	rechts	Blutung mit aktiver Komponente im Segment 6	Angiographie mit Coiling
8	rechts	Blutung mit perihepatischem Hämatom	Angiographie mit Coiling
9	rechts	Blutung mit aktiver Komponente im Segment 6	Angiographie mit Coiling
10	rechts	Blutung mit deutlichem Hb-Abfall	Bluttransfusion
11	links	Blutung	Bluttransfusion
12	links	Blutung ventral der Leber, Schmerzen bei Leberkapselhämatom mit hämorrhagischem Schock	Operation

Tabelle 14. Leberbiopsien - Überblick über die Majorkomplikationen.

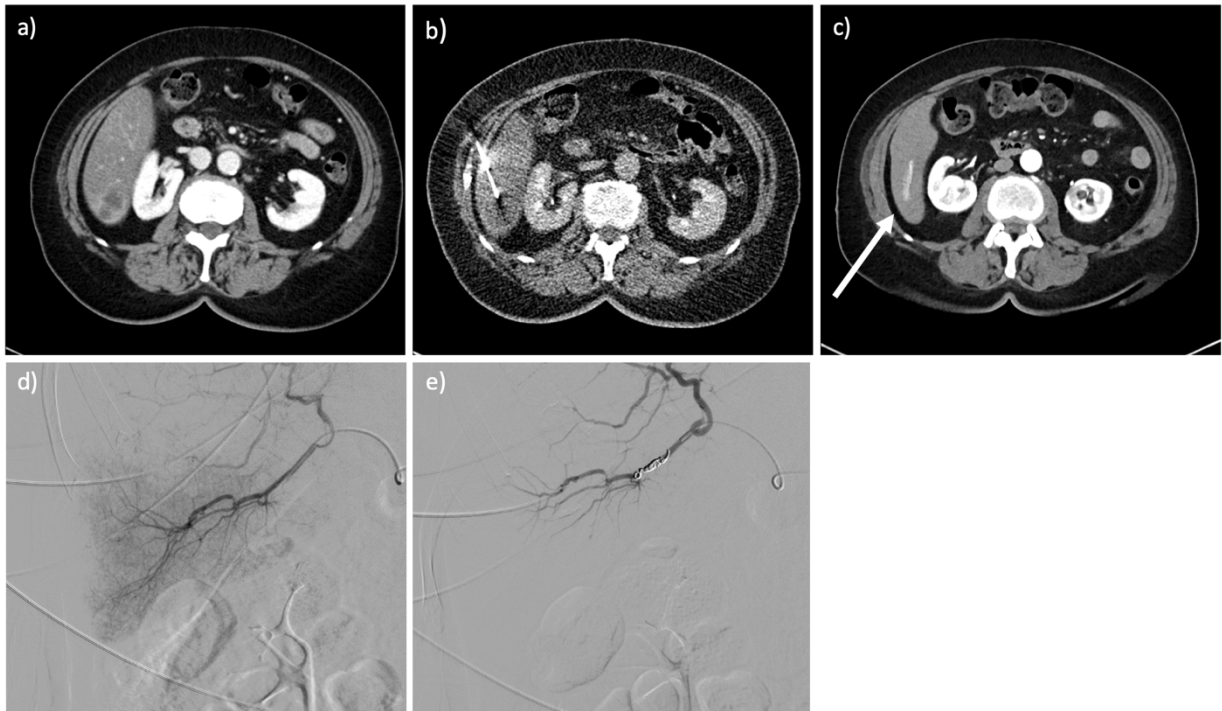


Abbildung 7. Leberbiopsien - CT-Interventionsbilder einer 73-jährigen Patientin mit einer Leberläsion; die histologische Auswertung ergab ein wenig differenziertes Adenokarzinom als Metastase eines bekannten Pankreaskarzinoms.
 a) präinterventionelle Planungs-CT. b) Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT mit arterieller Blutungsfahne aus Segment 6 Arterie (weißer Pfeil). d) Angiographie mit Darstellung der Blutungsfahne. e) Angiographie nach erfolgreicher Embolisation mit Mikrocoils.

6.2.4.2 *Procedere bei Komplikation*

45 (7,9%) Komplikationen wurden konservativ behandelt. Bei 3 (0,5%) Komplikationen war eine Bluttransfusion oder ein minimalinvasives Vorgehen notwendig. In 6 (1,1%) Fällen war eine Angiographie notwendig. 3 (0,5%) Patienten benötigten ein operatives Vorgehen aufgrund einer Blutung.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Procedere bei Komplikation				513
konservativ	45	7,9	78,9	
minimalinvasiv/ Bluttransfusion	3	0,5	5,3	
Angiographie	6	1,1	10,5	
OP	3	0,5	5,3	

Tabelle 15. Leberbiopsien - *Procedere bei Komplikation*.

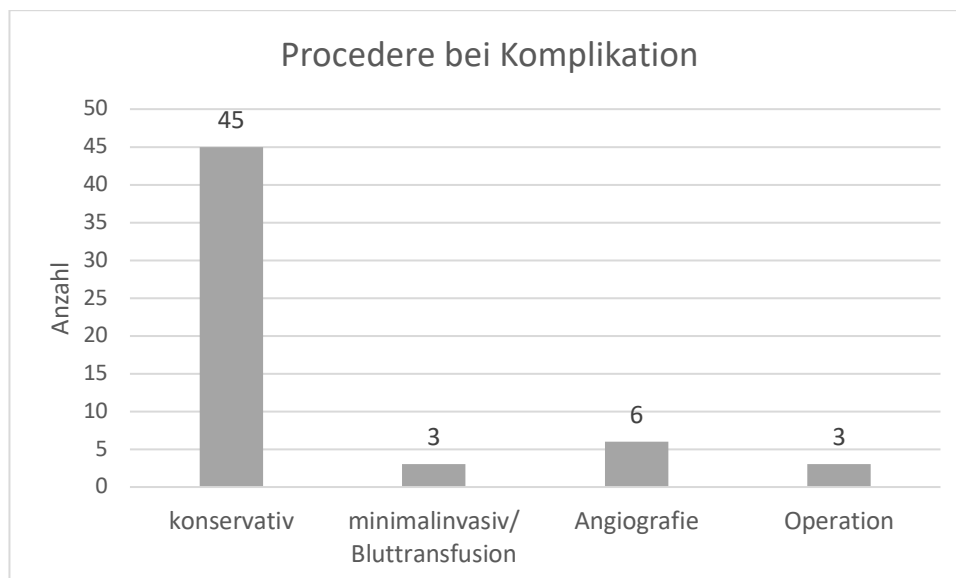


Abbildung 8. Leberbiopsien - *Procedere bei Komplikation*.

6.2.5 Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate

6.2.5.1 Univariate logistische Regression

In der univariaten Regressionsanalyse waren die Erfahrung des Radiologen ($p=0,024$) und die Lokalisation der Pathologie ($p=0,010$) signifikante Faktoren für das Auftreten einer Komplikation. Bei Leberbiopsie durch einen Facharzt lag die Odds Ratio bei 0,5, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Komplikation bei einem Facharzt etwa halb so groß war wie bei einem Assistenzarzt. Mit einer Odds Ratio von 0,4 war die Wahrscheinlichkeit auf eine Komplikation im linken Leberlappen etwa halb so groß wie bei einer Biopsie im rechten Leberlappen.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	1,342 (0,775-2,322)	0,293
Lokalisation der Pathologie		
rechter Leberlappen	1,000	Ref
linker Leberlappen	0,428 (0,225-0,814)	0,010
Lagerung		
Bauchlage/ Rechtsseitenlage/ Linksseitenlage	1,000	Ref
Rückenlage	0,654 (0,323-1,324)	0,238
Planungs-CT		
nativ	1,000	Ref
Kontrastmittel	0,645 (0,371-1,121)	0,120
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	0,474 (0,249-0,904)	0,024
Alter		
<60 Jahre	1,000	Ref
≥60 Jahre	1,065 (0,601-1,890)	0,829
Größe Pathologie		
<1,5cm	1,000	Ref
1,5-3,99cm	0,474 (0,203-1,108)	0,085
≥4cm	0,563 (0,227-1,389)	0,216
Stanzlänge		
≤1,5cm	1,000	Ref
>1,5cm	1,482 (0,818-2,685)	0,195
Länge Stichkanal		

≤8cm	1,000	Ref
>8cm	0,923 (0,534-1,598)	0,775
Nadellänge		
≤13cm	1,000	Ref
>13cm	2,101 (0,969-4,553)	0,060

Tabelle 16. Leberbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.

6.2.5.2 Multivariate logistische Regression

Die Erfahrung des Radiologen und die Lokalisation der Pathologie bestätigten sich in der multivariaten Analyse als unabhängige Faktoren.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	1,465 (0,837-2,564)	0,182
Lokalisation der Pathologie		
rechter Leberlappen	1,000	Ref
linker Leberlappen	0,431 (0,225-0,824)	0,011
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	0,466 (0,244-0,893)	0,021

Tabelle 17. Leberbiopsien - multivariate logistische Regression der Komplikationsrate.

6.2.6 Erfolgsrate

6.2.6.1 Erfolg allgemein

Technisch erfolgreich waren 568 (99,6%) Biopsien. Bei 2 (0,4%) Interventionen konnte aufgrund fehlender Compliance kein Gewebe gewonnen werden. Klinisch erfolgreich waren 471 (82,6%) Biopsien, 99 (17,4%) waren klinisch nicht erfolgreich.

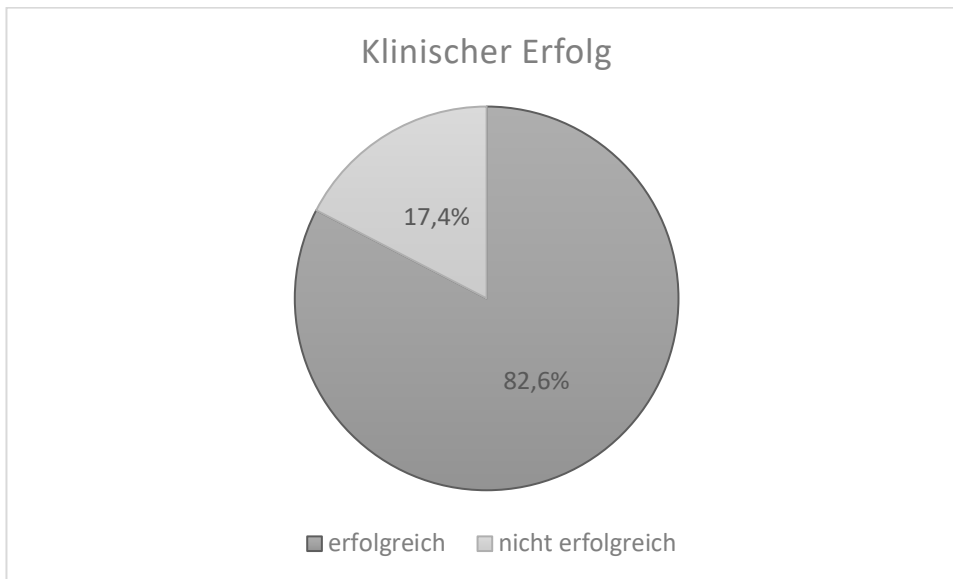


Abbildung 9. Leberbiopsien - Klinischer Erfolg.

Die Abbildung zeigt Interventionsbilder einer klinisch erfolgreichen CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsie der Leber.



Abbildung 10. Leberbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 57-jährigen Patienten mit einer Leberläsion; die histologische Auswertung ergab ein hepatozelluläres Karzinom und eine Leberzirrhose.
a) präinterventionelle Planungs-CT. b) Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT.

6.2.6.2 Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen

Die Biopsien im linken Leberlappen waren zu 86,0% klinisch erfolgreich, während Biopsien im rechten Leberlappen eine Erfolgsrate von 80,5% hatten. 50,0% der Biopsien in Rechtsseitenlage, 72,1% der Biopsien in Linksseitenlage und 100% der Biopsien in Bauchlage waren klinisch erfolgreich. In den genannten Lagerungen waren die Fallzahlen im Vergleich zur Lagerung in Rückenlage gering. Mit einer Fallzahl von 410 Personen lag die Erfolgsrate in Rückenlage mit 84,4% nahe der allgemeinen klinischen Erfolgsrate der Leberbiopsien von 82,6%. 85,3% der Leberbiopsien mit ventralem und 79,3% mit lateralem Zugangsweg waren klinisch erfolgreich. 83,3% der dorsalen Biopsien waren bei vergleichsweise geringerer Fallzahl klinisch erfolgreich. Die Werte der Erfolgsraten lagen mit 84,0% nativ und 82,0% mit Kontrastmittel prozentual ähnlich. Bei Assistenzärzten waren 80,7% und bei Fachärzten 85,7% der Biopsien klinisch erfolgreich. Bei fehlender Komplikation waren 82,8% und bei Auftreten einer Komplikation 82,5% klinisch erfolgreich. Alle Biopsien mit einer Majorkomplikation waren klinisch erfolgreich. Wenn kein Zugang durch ein Organ genommen wurde und bei nativem Planungs-CT war der klinische Erfolg höher als in der jeweiligen Vergleichsgruppe. Bei klinisch erfolgreichen Biopsien wurden Nadeln der Größe 16 Gauge am häufigsten verwendet. Es wurden am häufigsten 1 bis 3 Gewebeproben gewonnen. Der Median klinisch erfolgreicher Biopsien lag bei einer kürzeren Interventionszeit als bei klinisch nicht erfolgreichen Biopsien.

	Klinisch erfolgreiche Biopsie Häufigkeit und prozentuale Verteilung	
Geschlecht		
männlich	264	81,0%
weiblich	207	84,8%
Lokalisation der Pathologie		
rechter Leberlappen	280	80,5%
linker Leberlappen	191	86,0%
Lagerung		
Bauchlage	6	100,0%
Rückenlage	410	84,4%
Rechtseitenlage	4	50,0%
Linksseitenlage	49	72,1%
Zugangsweg		
ventral	256	85,3%
lateral	199	79,3%
dorsal	5	83,3%
Zugang durch Organ		
nein	449	82,7%

ja	11	73,3%
Nadelgröße		
16G	164	84,5%
18G	86	82,7%
alle anderen	12	93,8%
Narkose		
nein	452	82,8%
ja	14	73,7%
Planungs-CT		
nativ	199	84,0%
Kontrastmittel	268	82,0%
Radiologe		
Assistenzarzt	284	80,7%
Facharzt	180	85,7%
Komplikation		
nein	421	82,7%
ja	47	82,5%
Komplikationsart		
keine	421	82,7%
minor	35	77,8%
major	12	100,0%
Probenanzahl		
1 bis 3	358	83,8%
4 bis 6	82	78,8%
7 bis 9	10	83,3%
Blutgerinnungsstörung		
nein	433	82,2%
ja	20	87,0%
Leberzirrhose		
nein	384	83,5%
ja	71	77,2%

Tabelle 18. Leberbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.

6.2.7 Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg

6.2.7.1 *p*-Werte der Variablen

Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ waren die Variablen Lagerung, Größe der Pathologie und Interventionsdauer signifikante Faktoren auf den klinischen Erfolg der Leberbiopsien.

	p-Wert
Geschlecht	0,229
Lokalisation der Pathologie	0,087
Lagerung	0,004
Zugangsweg	0,175
Zugang durch Organ	0,348
Nadelgröße	0,753
Narkose	0,305
Planungs-CT	0,533
Radiologe	0,128
Zugang durch Organ	0,157
Komplikation	0,962
Komplikationsart	0,195
Alter	0,595
Größe Pathologie	0,024
Stanzlänge	0,568
Länge Stichkanal	0,300
Nadellänge	0,576
Interventionsdauer	0,038
Blutgerinnungsstörung	0,555
Leberzirrhose	0,147
Leukozyten	0,177
Thrombozyten	0,721
INR	0,142

Tabelle 19. Leberbiopsien - *p*-Werte.

6.2.7.2 Univariate logistische Regression

In den univariaten logistischen Regressionsanalysen waren die Faktoren Rückenlage ($p=0,007$) und Tumorgröße $\geq 4\text{cm}$ ($p=0,044$) statistisch signifikante Faktoren für den klinischen Erfolg einer Leberbiopsie. Patienten in Rückenlage hatten im Gegensatz zur Gruppe in Bauch-, Links- und Rechtsseitenlagerung eine 2,1-fach höhere Wahrscheinlichkeit (KI 1,2-3,6) einer klinisch erfolgreichen Biopsie. Eine Biopsie bei einer Tumorgröße $\geq 4\text{cm}$ hatte mit einer Odds Ratio von 2,3 (KI 1,0-5,0) im Vergleich zu einer Tumorgröße von $<1,5\text{cm}$ eine doppelt so große Wahrscheinlichkeit auf klinischen Erfolg.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	1,314 (0,841-2,052)	0,230
Lokalisation der Pathologie		
rechter Leberlappen	1,000	Ref
linker Leberlappen	1,496 (0,942-2,377)	0,088
Lagerung		
Bauchlage/ Rechtsseitenlage/ Linksseitenlage	1,000	Ref
Rückenlage	2,103 (1,225-3,610)	0,007
Planungs-CT		
nativ	1,000	Ref
Kontrastmittel	0,867 (0,555-1,356)	0,533
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	1,437 (0,899-2,295)	0,130
Komplikation allgemein		
nein	1,000	Ref
ja	0,904 (0,451-1,811)	0,776
Alter		
≥ 60 Jahre	1,000	Ref
< 60 Jahre	1,003 (0,639-1,573)	0,991
Größe Pathologie		
$<1,5\text{cm}$	1,000	Ref
1,5-3,99cm	1,435 (0,706-2,918)	0,318
$\geq 4\text{cm}$	2,258 (1,023-4,984)	0,044
Stanzlänge		
$\leq 1,5\text{cm}$	1,000	Ref

>1,5cm	1,317 (0,824-2,105)	0,25
Länge Stichkanal		
≤8cm	1,000	Ref
>8cm	1,544 (0,999-2,386)	0,051
Nadellänge		
≤13cm	1,000	Ref
>13cm	0,937 (0,562-1,563)	0,803

Tabelle 20. Leberbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.

6.2.7.3 Multivariate logistische Regression

Die multivariate logistische Regression bestätigte eine statistische Signifikanz bei einer Größe der Pathologie von ≥ 4 cm.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	1,332 (0,842-2,104)	0,219
Lagerung		
Bauchlage/ Rechtsseitenlage/ Linksseitenlage	1,000	Ref
Rückenlage	1,753 (0,993-3,094)	0,053
Größe Pathologie		
<1,5cm	1,000	Ref
1,5-3,99cm	1,436 (0,702-2,936)	0,321
≥ 4 cm	2,259 (1,016-5,019)	0,046

Tabelle 21. Leberbiopsien - multivariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.

6.3 Ergebnisse der Auswertung von 67 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien des Pankreas

6.3.1 Patientencharakteristika

6.3.1.1 Geschlecht

Im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2016 wurden 67 CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien des Pankreas bei 59 Patienten durchgeführt. 34 (50,7%) waren Männer und 33 (49,3%) waren Frauen.

6.3.1.2 Alter

Das durchschnittliche Alter des Patientenkollektivs betrug 66,3 ($\pm 12,8$) Jahre. Das durchschnittliche weibliche Alter lag mit 67,2 ($\pm 14,6$) Jahren über, das durchschnittliche männliche Alter mit 65,4 ($\pm 10,9$) Jahren unterhalb des allgemeinen Durchschnittsalters.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Median
Alter allgemein	66,3	12,8	17	87	69
Alter weiblich	67,2	14,6	17	87	70
Alter männlich	65,4	10,9	37	86	68

Tabelle 22. Pankreasbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.

6.3.1.3 Blutwerte

Die Tabelle zeigt die Mittelwerte, Minima, Maxima und Mediane der Leukozyten- und Thrombozytenzahl sowie des INR der Patienten vor der Intervention.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl N	Median
Leukozyten (G/l)	7,0	2,6	1,9	15,7	67	6,8
Thrombozyten (G/l)	232,7	80,7	51,0	462,0	66	214,5
INR	1,1	0,1	0,9	1,7	65	1,0

Tabelle 23. Pankreasbiopsien - Blutwerte.

6.3.1.4 Relevante Vorerkrankungen

1,5% der Patienten hatten eine Blutgerinnungsstörung, 1,5% der Patienten eine Leberzirrhose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Blutgerinnungsstörung				3
nein	63	94,0	98,4	
ja	1	1,5	1,6	
Leberzirrhose				3
nein	63	94,0	98,4	
ja	1	1,5	1,6	

Tabelle 24. Pankreasbiopsien - relevante Erkrankungen.

6.3.2 Interventionscharakteristika

6.3.2.1 Planungs-Computertomographie

Bei 58 (86,6%) Patienten wurde die Planungs-CT unmittelbar vor der Intervention mit intravenösem Kontrastmittel durchgeführt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Planungs-CT				0
nativ	9	13,4	13,4	
Kontrastmittel	58	86,6	86,6	

Tabelle 25. Pankreasbiopsien - Planungs-Computertomographie.

6.3.2.2 Narkose

Kein Patient erhielt eine periinterventionelle Vollnarkose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Narkose				0
nein	67	100,0	100,0	
ja	0	0	0	

Tabelle 26. Pankreasbiopsien - Narkose.

6.3.2.3 Lagerung des Patienten

Die Biopsien wurden in Bauch-, Rücken-, Rechts- sowie Linksseitenlage durchgeführt. Die meisten Biopsien (52; 77,6%) fanden in Rückenlage statt, keine in Linksseitenlage.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Lagerung				0
Bauchlage	10	14,9	14,9	
Rückenlage	52	77,6	77,6	
Rechtsseitenlage	5	7,5	7,5	
Linksseitenlage	0	0	0	

Tabelle 27. Pankreasbiopsien - Lagerung des Patienten.

6.3.2.4 Nadelgröße

In 64,2% wurde eine 18 Gauge Nadel gewählt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Nadelgröße				12
16G	9	13,4	16,4	
18G	43	64,2	78,2	
alle anderen	3	4,4	5,5	

Tabelle 28. Pankreasbiopsien - Nadelgröße.

6.3.2.5 Probenanzahl

Bei 60 (89,6%) Biopsien wurden 1 bis 3 Gewebeproben für die pathologische und mikrobielle Auswertung gewonnen.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Probenanzahl				3
1 bis 3	60	89,6	93,8	
4 bis 6	4	6,0	6,3	

Tabelle 29. Pankreasbiopsien - Probenanzahl.

6.3.2.6 Zugangsweg

Der Zugangsweg wurde in ventral, lateral und dorsal eingeteilt. Für die meisten Biopsien (46; 68,7%) wurde ein ventraler Zugangsweg gewählt. 8 (11,9%) wurden von lateral, 12 (17,9%) von dorsal biopsiert.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugangsweg				1
ventral	46	68,7	69,7	
lateral	8	11,9	12,1	
dorsal	12	17,9	18,2	

Tabelle 30. Pankreasbiopsien - Zugangsweg.

6.3.2.7 Zugang durch ein Organ

In 23 Fällen (34,3%) wurde die Pankreasläsion durch ein anderes Organ biopsiert. Der Stichkanal verlief in 8 Fällen durch die Leber, in 6 Fällen durch den Magen, in 4 Fällen durch den Darm, in 3 Fällen durch die Lunge und in 2 Fällen durch mehrere Organe. Bei 44 Patienten (65,7%) konnte der risikoärmere Weg ohne Verletzung eines zusätzlichen Organs gewählt werden.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugang durch Organ				0
nein	44	65,7	65,7	
ja	23	34,3	34,3	

Tabelle 31. Pankreasbiopsien - Zugang durch ein Organ.

6.3.2.8 Erfahrung des Radiologen

38,8% der Biopsien wurden von radiologischen Assistenzärzten unter Supervision durchgeführt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Radiologe				3
Assistenzarzt	26	38,8	40,6	
Facharzt	38	56,7	59,4	

Tabelle 32. Pankreasbiopsien - Erfahrung des Radiologen.

6.3.2.9 Weitere Charakteristika der Intervention

Die Größe einer Pathologie im Pankreas lag im Mittelwert bei 4,6 ($\pm 2,1$)cm. Die kleinste Pathologie war 1,4cm groß. Die Proben hatten eine mittlere Stanzlänge von 1,0 ($\pm 0,6$)cm. Die Stichkanallänge lag im Mittelwert bei 9,7 ($\pm 3,2$)cm Länge. Der kürzeste Stichkanal lag bei 2,0cm. Es wurden Nadellängen zwischen 10-20cm verwendet. Im Durchschnitt wurden 2 Proben innerhalb von 28,1 ($\pm 11,5$) Minuten gewonnen. Die kürzeste Intervention dauerte 4 Minuten, die längste 57 Minuten. Die Tabelle fasst Mittelwerte, Standardabweichungen, Mediane, Minima, Maxima und die Anzahl weiterer Charakteristika zusammen.

	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl	Median
Größe Pathologie (cm)	4,6	2,1	1,4	12,1	64	4,2
Stanzlänge (cm)	1,0	0,6	0,1	2,5	57	1,1
Länge Stichkanal (cm)	9,7	3,2	2,0	17,6	67	9,4
Nadellänge (cm)	15,0	2,0	10,0	20,0	38	16,0
Probenanzahl (Stück)	1,6	1,0	1,0	5,0	64	1,0
Interventionsdauer (min)	28,1	11,5	4,0	57,0	67	25,0

Tabelle 33. Pankreasbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.

6.3.3 Dosimetrie

Das Dosislängenprodukt der Fluoroskopie betrug im Mittel 53,6 ($\pm 49,5$)mGy*cm. Der Bereich lag zwischen 3mGy*cm und 295mGy*cm. Der Mittelwert des DLP der gesamten Intervention lag mit 746,6 ($\pm 441,2$)mGy*cm höher. Hier lagen die Werte des DLP zwischen 125mGy*cm und 3.057mGy*cm. Die mittlere effektive Dosis betrug 11,1 ($\pm 6,8$)mSv. Die Werte der effektiven Dosis wiesen einen Bereich von 0mSv bis 46,2mSv auf. Der Median lag bei 9,5mSv.

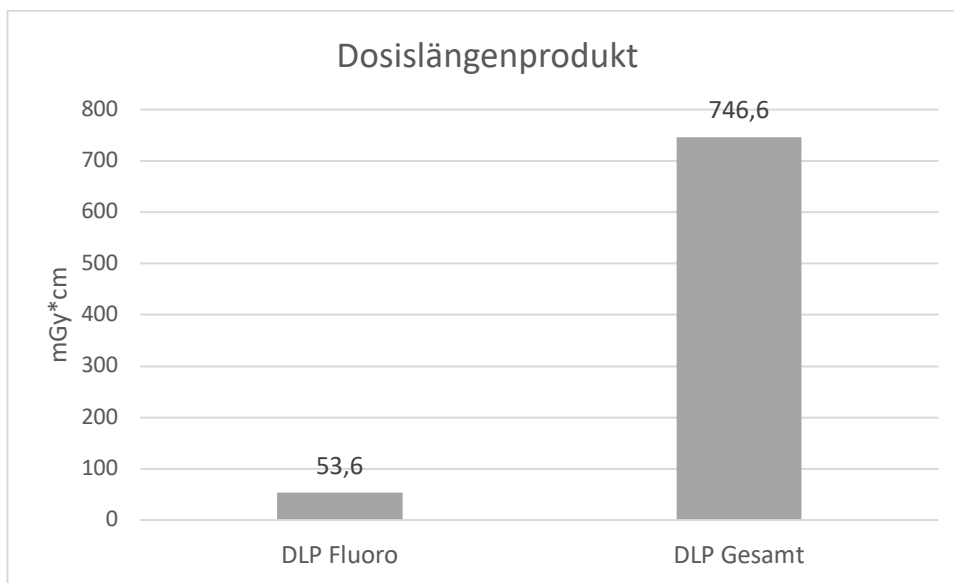


Abbildung 11. Pankreasbiopsien - Dosislängenprodukt.

6.3.4 Komplikationen

6.3.4.1 Komplikationsart

Bei 54 (80,6%) Pankreasbiopsien traten keine Komplikationen auf. In 12 (17,9%) Fällen kam es während und durch die Intervention zu einer Komplikation. Davon waren 9 (75,0%) Fälle Blutungskomplikationen. Andere Komplikationen waren starke abdominale Schmerzen sowie 2 linksseitige Pneumothoraces. Bei 10 (14,9%) Pankreasbiopsien kam es zu einer Minorkomplikation, in 2 (3,0%) zu einer Majorkomplikation. Kein Patient verstarb durch die Intervention.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Komplikation allgemein				1
nein	54	80,6	81,8	
ja	12	17,9	18,2	
Komplikationsart				1
keine	54	80,6	81,8	
minor	10	14,9	15,2	
major	2	3,0	3,0	

Tabelle 34. Pankreasbiopsien - Überblick über die Komplikationen.

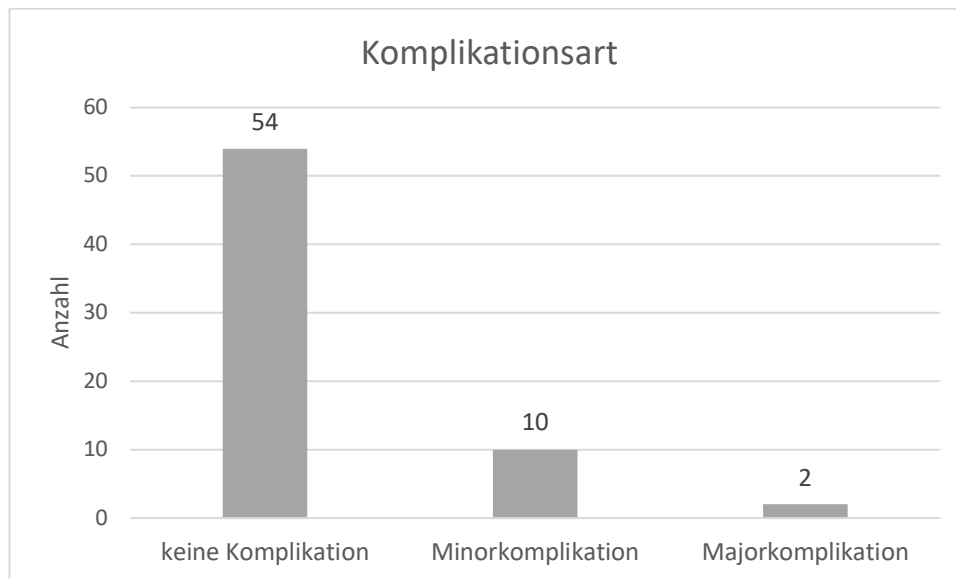


Abbildung 12. Pankreasbiopsien - Komplikationsart.

Die Tabelle zeigt die Majorkomplikationen der Pankreasbiopsien im Hinblick auf Lokalisation, Art und Prozedere.

Komplikation	Prozedere
Pneumothorax links mit maximaler pleuraler Dehiszenz von 2,5cm	Röntgen Thorax
Blutung	Angiographie

Tabelle 35. Pankreasbiopsien - Überblick über die Majorkomplikationen.



Abbildung 13. Pankreasbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 76-jährigen Patienten mit einer Pankreasläsion; die histologische Auswertung ergab ein gut differenziertes duktales Adenokarzinom des Pankreas. a) präinterventionelle Planungs-CT. b) Entnahme der Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT mit geringem Pneumothorax links (weißer Pfeil) ohne Interventionsbedarf.

6.3.4.2 *Procedere bei Komplikation*

10 (14,9%) Komplikationen wurden konservativ behandelt. Eine Majorkomplikation (1,5%) wurde mit Röntgen Thorax, eine mit kontrastverstärkter biphasischer CT und Angiographie kontrolliert. Kein Patient benötigte ein operatives Vorgehen bei Majorkomplikation.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Procedere bei Komplikation				55
konservativ	10	14,9	83,3	
minimalinvasiv (hier: Röntgen Thorax)	1	1,5	8,3	
Angiographie	1	1,5	8,3	

Tabelle 36. Pankreasbiopsien - *Procedere bei Komplikation*.

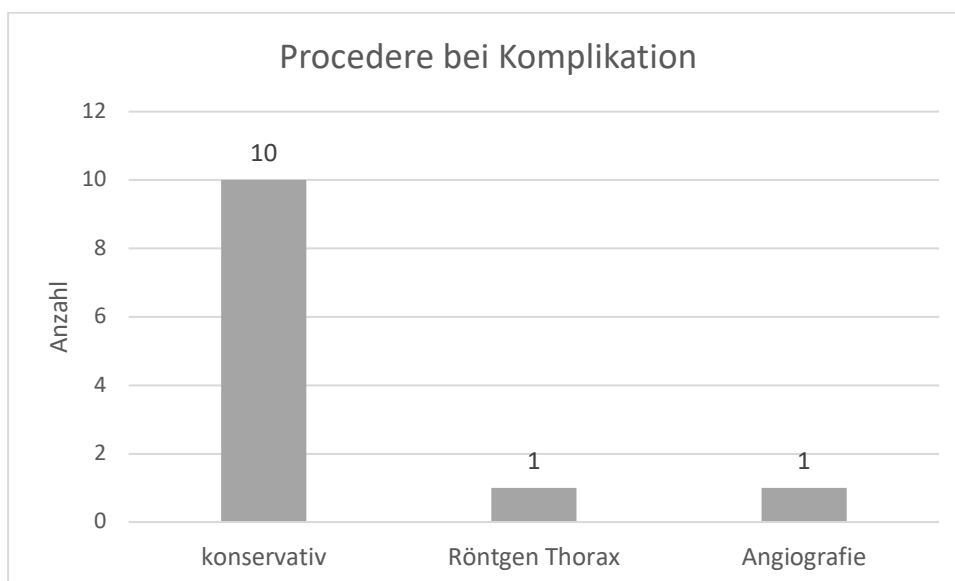


Abbildung 14. Pankreasbiopsien - *Procedere bei Komplikation*.

6.3.5 Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate

6.3.5.1 Univariate logistische Regression

In der univariaten Regressionsanalyse waren keine Variablen signifikante Faktoren für das Auftreten einer Komplikation. Daher wurde keine multivariate Analyse durchgeführt.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	0,663 (0,187-2,352)	0,525
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	0,273 (0,072-1,032)	0,056

Tabelle 37. Pankreasbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.

6.3.6 Erfolgsrate

6.3.6.1 Erfolg allgemein

Alle Biopsien des Pankreas waren technisch erfolgreich (100%). Klinisch erfolgreich waren 55 (82,1%) Biopsien, 12 (17,9%) waren klinisch nicht erfolgreich.

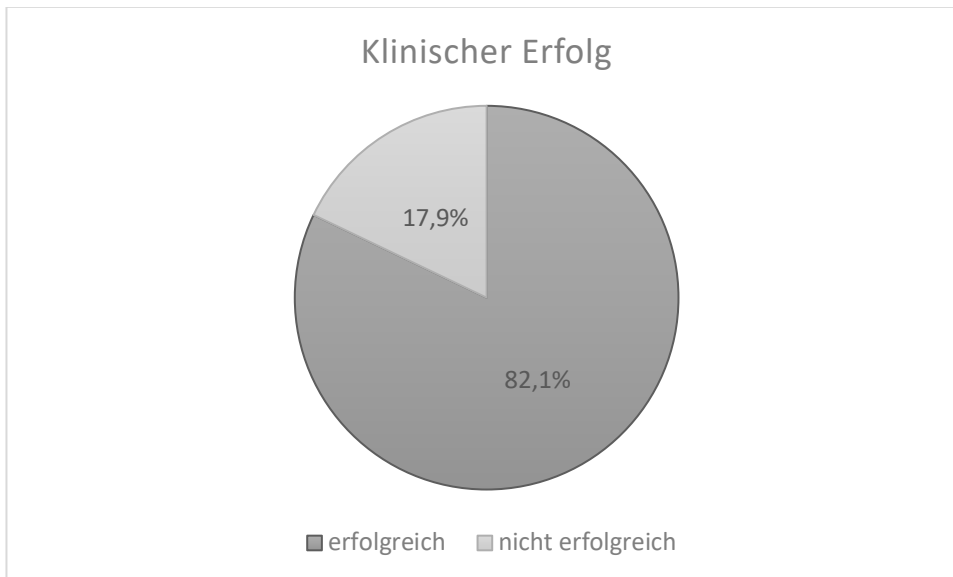


Abbildung 15. Pankreasbiopsien - Klinischer Erfolg.

Die Abbildung zeigt Interventionsbilder einer klinisch erfolgreichen CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsie des Pankreas.

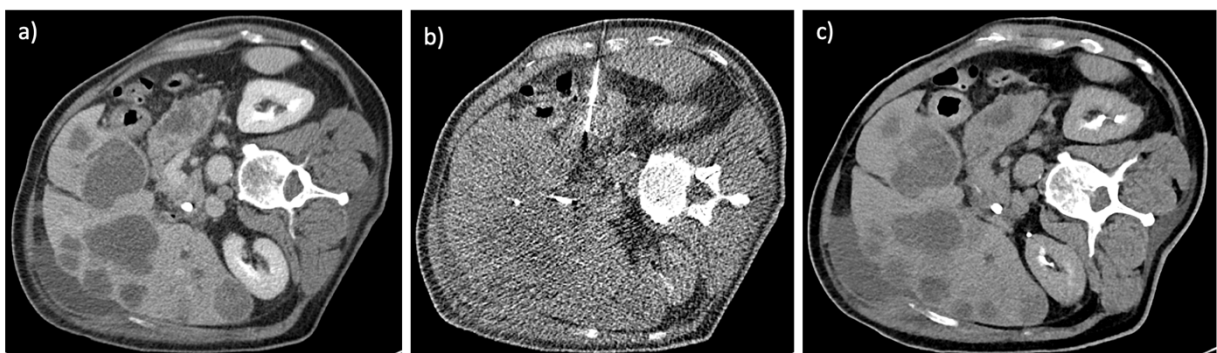


Abbildung 16. Pankreasbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 71-jährigen Patienten mit einer Pankreasläsion; die histologische Auswertung ergab ein mäßig differenziertes duktales Adenokarzinom des Pankreas mit Metastasen in der Leber.

a) präinterventionelle Planungs-CT. b) Entnahme der Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT.

6.3.6.2 Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen

80,0% der Biopsien in Rechtsseitenlage und 70,0% der Biopsien in Bauchlage waren klinisch erfolgreich. In den genannten Lagerungen waren die Fallzahlen im Vergleich zur Lagerung in Rückenlage gering. Mit einer Fallzahl von 44 Personen lag die Erfolgsrate in Rückenlage mit 84,6% im Vergleich zu den anderen Lagerungen am höchsten und über der allgemeinen klinischen Erfolgsrate der Pankreasbiopsien von 82,1%. 87,5% der Pankreasbiopsien mit lateralem und 82,6% mit ventralem Zugangsweg waren klinisch erfolgreich. 75,0% der dorsalen Biopsien waren klinisch erfolgreich. Biopsien mit lateralem Zugangsweg wiesen bei geringer Fallzahl die höchste klinische Erfolgsrate auf. 88,9% (8 Fälle) der nativen und 81,0% (47 Fälle) der mit Kontrastmittel durchgeführten Interventionen waren klinisch erfolgreich. Bei Assistenzärzten waren 76,9%, bei Fachärzten 84,2% der Biopsien klinisch erfolgreich. Bei fehlender Komplikation waren 85,2% und bei Auftreten einer Komplikation 75,0% klinisch erfolgreich. Der klinische Erfolg war 95,7% beim Zugang durch ein Organ und 75,0% bei gewebeschonendem Zugangsweg. In der Häufigkeit unterschieden sich die Parameter um eine Anzahl von 11. Bei klinisch erfolgreichen Biopsien wurden Nadeln der Größe 18 Gauge am häufigsten verwendet. Es wurden am häufigsten 1 bis 3 Gewebeproben gewonnen. Kein Patient mit einer Blutgerinnungsstörung war klinisch erfolgreich. Der Median klinisch erfolgreicher Biopsien lag bei ähnlicher Interventionszeit wie bei klinisch nicht erfolgreichen Biopsien.

	Biopsie klinisch erfolgreich Häufigkeit und prozentuale Verteilung	
Geschlecht		
männlich	27	79,4%
weiblich	28	84,8%
Lagerung		
Bauchlage	7	70,0%
Rückenlage	44	84,6%
Rechtsseitenlage	4	80,0%
Zugangsweg		
ventral	38	82,6%
lateral	7	87,5%
dorsal	9	75,0%
Zugang durch Organ		
nein	33	75,0%
ja	22	95,7%
Nadelgröße		
16G	7	77,8%
18G	37	86,0%

alle anderen	2	66,7%
Narkose		
nein	55	82,1%
Planungs-CT		
nativ	8	88,9%
Kontrastmittel	47	81,0%
Radiologe		
Assistenzarzt	20	76,9%
Facharzt	32	84,2%
Komplikation		
nein	46	85,2%
ja	9	75,0%
Komplikationsart		
keine	46	85,2%
minor	8	80,0%
major	1	50,0%
Probenanzahl		
1 bis 3	48	80,0%
4 bis 6	4	50,0%
Blutgerinnungsstörung		
nein	52	82,5%
ja	0	0%
Leberzirrhose		
nein	51	81,0%
ja	1	100,0%

Tabelle 38. Pankreasbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.

6.3.7 Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg

6.3.7.1 p-Werte der Variablen

Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ waren die Variablen Zugang durch Organ, Blutgerinnungsstörung, Stanzlänge und Nadellänge statistisch signifikante Faktoren für den klinischen Erfolg der Pankreasbiopsien.

	p-Wert
Geschlecht	0,562
Lagerung	0,539
Zugangsweg	0,753
Nadelgröße	0,521
Narkose	nicht zu berechnen, da kein Patient mit Narkose
Planungs-CT	0,567
Radiologe	0,463
Zugang durch Organ	0,036
Komplikation	0,392
Komplikationsart	0,404
Blutgerinnungsstörung	0,036
Leberzirrhose	0,628
Alter	0,116
Größe Pathologie	0,171
Stanzlänge	0,002
Länge Stichkanal	0,545
Nadellänge	0,011
Interventionsdauer	0,737
Leukozyten	0,492
Thrombozyten	0,339
INR	0,310

Tabelle 39. Pankreasbiopsien - p-Werte.

6.3.7.2 Univariate logistische Regression

In den univariaten logistischen Regressionsanalysen zeigte sich keine Signifikanz. Ursächlich für die geringe Anzahl der Variablen war, dass die Voraussetzung der logistischen Regression mit einer benötigten Gruppengröße von mindestens 25 nicht immer erreicht wurde (74). Daher wurde keine multivariate Analyse durchgeführt.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	1,452 (0,410-5,137)	0,563
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	1,600 (0,453-5,652)	0,465

Table 40. Pankreasbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.

6.4 Ergebnisse der Auswertung von 55 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien der Nieren

6.4.1 Patientencharakteristika

6.4.1.1 Geschlecht

Im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2016 wurden 55 CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien der Nieren bei 43 Patienten durchgeführt. 30 (54,5%) waren Männer und 25 (45,5%) waren Frauen.

6.4.1.2 Alter

Das durchschnittliche Alter des Patientenkollektivs betrug 62,6 ($\pm 18,9$) Jahre. Das durchschnittliche weibliche Alter lag mit 61,6 ($\pm 20,3$) Jahren unter, das durchschnittliche männliche Alter mit 63,4 ($\pm 18,0$) Jahren oberhalb des allgemeinen Durchschnittsalters.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum
Alter allgemein	62,6	18,9	10	87
Alter weiblich	61,6	20,3	10	87
Alter männlich	63,4	18,0	16	82

Tabelle 41. Nierenbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.

6.4.1.3 Blutwerte

Die Tabelle zeigt die Mittelwerte, Minima, Maxima und Mediane der Leukozyten- und Thrombozytenzahl sowie des INR der Patienten vor der Intervention.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl N	Median
Leukozyten (G/l)	10,0	12,8	2,1	88,9	53	7,1
Thrombozyten (G/l)	243,8	117,8	70,0	640,0	52	225,0
INR	1,1	0,1	0,9	1,4	52	1,1

Tabelle 42. Nierenbiopsien - Blutwerte.

6.4.1.4 Relevante Vorerkrankungen

7,3% der Patienten hatten eine Blutgerinnungsstörung, 5,5% der Patienten eine Leberzirrhose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Blutgerinnungsstörung				4
nein	47	85,5	92,2	
ja	4	7,3	7,8	
Leberzirrhose				4
nein	48	87,3	94,1	
ja	3	5,5	5,9	

Tabelle 43. Nierenbiopsien - relevante Erkrankungen.

6.4.2 Interventionscharakteristika

6.4.2.1 Lokalisation der Pathologie

29 (52,7%) der Pathologien waren in der rechten Niere, 26 (47,3%) in der linken Niere.

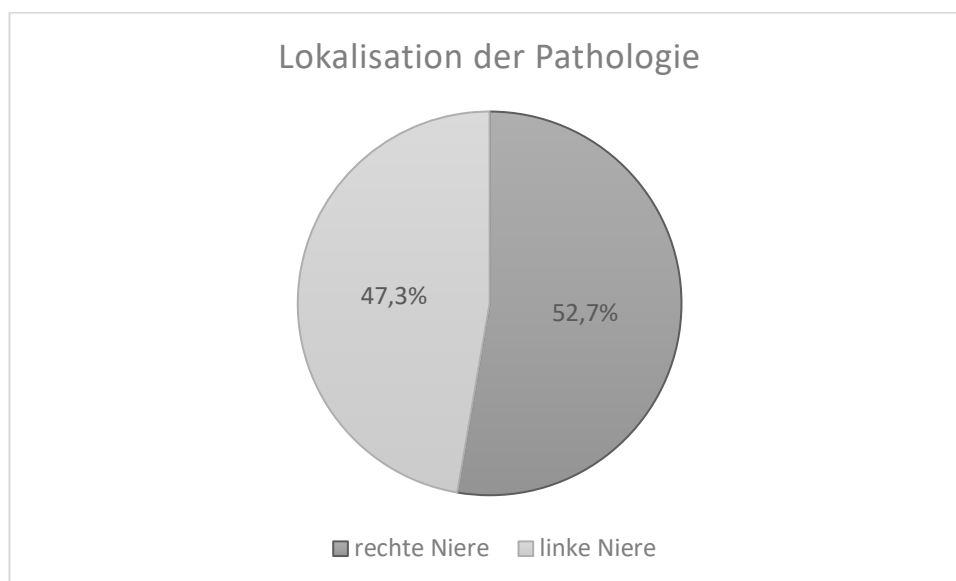


Abbildung 17. Nierenbiopsien - Lokalisation der Pathologie.

6.4.2.2 Planungs-Computertomographie

Bei 26 (47,3%) Patienten wurde die Planungs-CT unmittelbar vor der Intervention mit intravenösem Kontrastmittel durchgeführt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Planungs-CT				0
nativ	29	52,7	52,7	
Kontrastmittel	26	47,3	47,3	

Tabelle 44. Nierenbiopsien - Planungs-Computertomographie.

6.4.2.3 Narkose

3,6% der Patienten erhielten eine periinterventionelle Vollnarkose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Narkose				0
nein	53	96,4	96,4	
ja	2	3,6	3,6	

Tabelle 45. Nierenbiopsien - Narkose.

6.4.2.4 Lagerung des Patienten

Die Biopsien wurden in Bauch-, Rücken-, Rechts- sowie Linksseitenlage durchgeführt. Die meisten Biopsien (30; 54,5%) fanden in Bauchlage statt, am seltensten in Rückenlage (5; 9,1%).

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Lagerung				0
Bauchlage	30	54,5	54,5	
Rückenlage	5	9,1	9,1	
Rechtsseitenlage	11	20,0	20,0	
Linksseitenlage	9	16,4	16,4	

Tabelle 46. Nierenbiopsien - Lagerung des Patienten.

6.4.2.5 Nadelgröße

In 58,2% wurde eine 18 Gauge Nadel gewählt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Nadelgröße				16
16G	6	10,9	15,4	
18G	32	58,2	82,1	
alle anderen	1	1,8	2,6	

Tabelle 47. Nierenbiopsien - Nadelgröße.

6.4.2.6 Probenanzahl

Bei 44 (80,0%) Biopsien wurden 1 bis 3 Gewebeproben für die pathologische und mikrobielle Auswertung gewonnen.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Probenanzahl				0
0	2	3,6	3,6	
1 bis 3	44	80,0	80,0	
4 bis 6	9	16,4	16,4	

Tabelle 48. Nierenbiopsien - Probenanzahl.

6.4.2.7 Zugangsweg

Der Zugangsweg wurde in ventral, lateral und dorsal eingeteilt. Für die meisten Biopsien (31; 56,4%) wurde ein dorsaler Zugangsweg gewählt. 20 (36,4%) wurden von lateral, ein Patient (1,8%) von ventral biopsiert.

	Häufigkeit	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugangsweg				3
ventral	1	1,8	1,9	
lateral	20	36,4	38,5	
dorsal	31	56,4	59,6	

Tabelle 49. Nierenbiopsien - Zugangsweg.

6.4.2.8 Zugang durch ein Organ

In 3 Fällen (5,5%) wurde die Nierenläsion durch ein anderes Organ biopsiert. Der Stichkanal verlief zweimal durch die Leber und einmal durch die Lunge. Bei 50 Patienten (90,9%) konnte der risikoärmere Weg ohne Verletzung eines zusätzlichen Organs gewählt werden.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugang durch Organ				2
nein	50	90,9	94,3	
ja	3	5,5	5,7	

Tabelle 50. Nierenbiopsien - Zugang durch ein Organ.

6.4.2.9 Erfahrung des Radiologen

52,7% der Biopsien wurden von radiologischen Assistenzärzten unter Supervision durchgeführt.

	Häufigkeit	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Radiologe				0
Assistenzarzt	29	52,7	52,7	
Facharzt	26	47,3	47,3	

Tabelle 51. Nierenbiopsien - Erfahrung des Radiologen.

6.4.2.10 Weitere Charakteristika der Intervention

Die Größe einer Pathologie in den Nieren lag im Mittelwert bei 3,7 ($\pm 2,1$)cm. Die kleinste Pathologie war 1,2cm groß. Die Proben hatten eine mittlere Stanzlänge von 1,2 ($\pm 0,8$)cm. Der Stichkanallänge lag im Mittelwert bei 9,4 ($\pm 2,9$)cm. Der kürzeste Stichkanal lag bei 3,6cm. Es wurden Nadellängen zwischen 5-20cm verwendet. Im Durchschnitt wurden die Proben innerhalb von 32,3 ($\pm 13,4$) Minuten gewonnen. Die kürzeste Intervention dauerte 11 Minuten, die längste 79 Minuten. Die Tabelle fasst Mittelwerte, Standardabweichungen, Mediane, Minima, Maxima und die Anzahl weiterer Charakteristika zusammen.

	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl	Median
Größe Pathologie (cm)	3,7	2,1	1,2	11,2	53	3,0
Stanzlänge (cm)	1,2	0,8	0,1	4,5	43	1,2

Länge Stichkanal (cm)	9,5	3,0	3,6	16,2	52	9,0
Nadellänge (cm)	14,5	2,9	5,0	20,0	22	16,0
Proben- anzahl (Stück)	2,3	1,2	0	5,0	55	2,0
Inter- ventions- dauer (min)	32,3	13,4	11,0	79,0	54	28,5

Tabelle 52. Nierenbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.

6.4.3 Dosimetrie

Das Dosislängenprodukt der Fluoroskopie betrug im Mittel 37,3 ($\pm 23,0$)mGy*cm. Der Bereich lag zwischen 5mGy*cm und 102mGy*cm. Der Mittelwert des DLP der gesamten Intervention lag mit 728,1 ($\pm 393,9$)mGy*cm höher. Hier lagen die Werte des DLP zwischen 59mGy*cm und 2292mGy*cm. Die mittlere effektive Dosis betrug 10,6 ($\pm 6,2$)mSv. Die Werte der effektiven Dosis wiesen einen Bereich bis zu 34,6mSv auf. Der Median lag bei 10,2mSv.

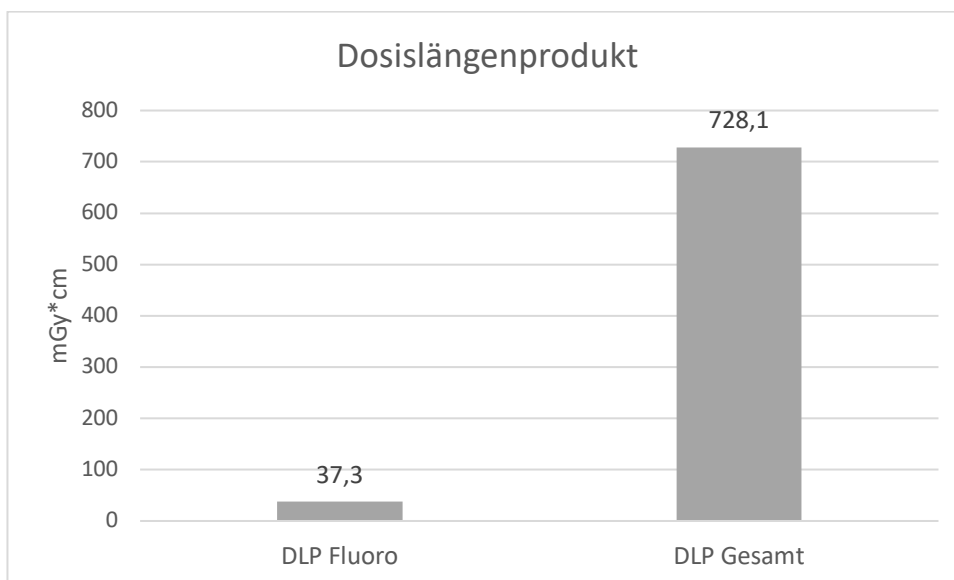


Abbildung 18. Nierenbiopsien - Dosislängenprodukt.

6.4.4 Komplikationen

6.4.4.1 Komplikationsart

Bei 28 (50,9%) Nierenbiopsien traten keine Komplikationen. In 27 (49,1%) Fällen kam es während und durch die Intervention zu einer Komplikation. Davon waren 25 (92,6%) Fälle Blutungskomplikationen. Die anderen Komplikationen (7,4%) waren 2 Pneumothoraces ohne notwendige Behandlung. Ein Pneumothorax entstand linksseitig, der andere dorsobasal rechts in moderater Form. Alle 27 Komplikationen sind Minorkomplika-tionen, es traten bei Nierenbiopsien keine Majorkomplika-tionen auf. Kein Patient verstarb infolge der Intervention.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Komplikation allgemein				0
nein	28	50,9	50,9	
ja	27	49,1	49,1	
Komplikationsart				0
keine	28	50,9	50,9	
minor	27	49,1	49,1	
major	0	0	0	

Tabelle 53. Nierenbiopsien - Überblick über die Komplikation.

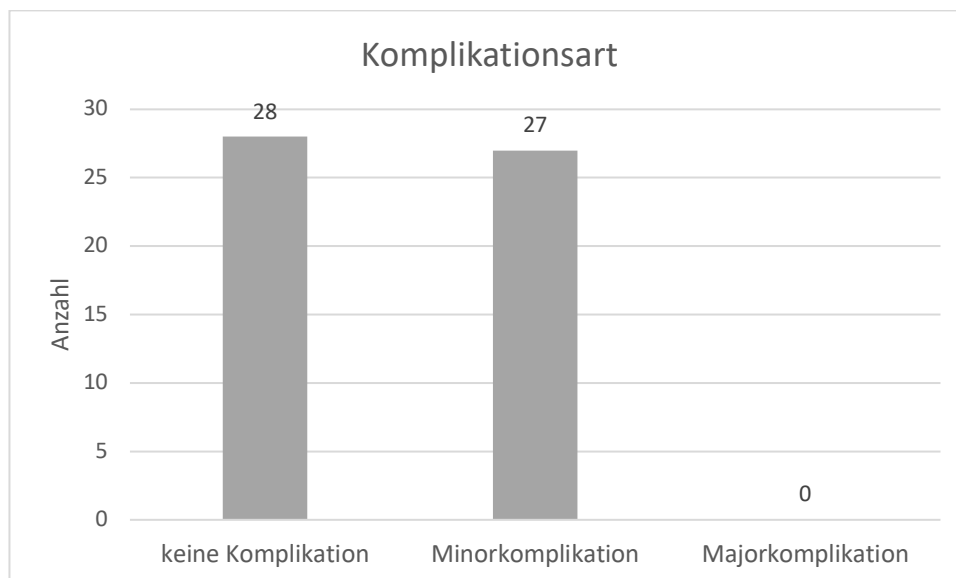


Abbildung 19. Nierenbiopsien - Komplikationsart.



Abbildung 20. Nierenbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 80-jährigen Patienten mit einer Nierenläsion; die histologische Auswertung ergab ein gut differenziertes klarzelliges Nierenzellkarzinom.
 a) präinterventionelle Planungs-CT mit Läsion der linken Niere. b) Entnahme der Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT mit Minorblutung (weißer Pfeil) und Hb-Kontrolle.

6.4.4.2 Procedere bei Komplikation

Alle Komplikationen während und durch die Intervention der Nieren konnten konservativ behandelt werden.

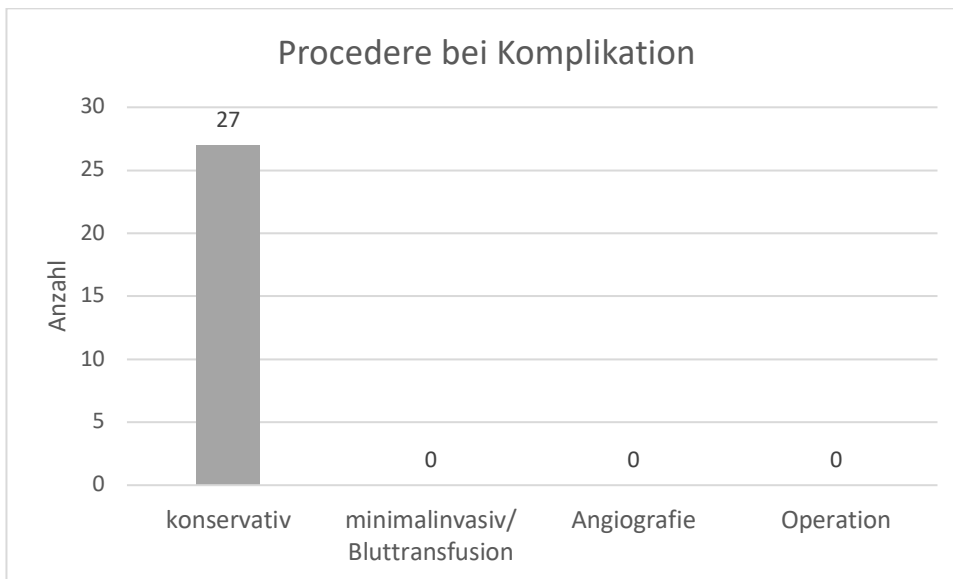


Abbildung 21. Nierenbiopsien - Procedere bei Komplikationen.

6.4.5 Einflussfaktoren auf die Komplikationsart

6.4.5.1 Univariate logistische Regression

In der univariaten Regressionsanalyse waren keine Variablen signifikante Faktoren für das Auftreten von Komplikationen bei Nierenbiopsien. Daher wurde keine multivariate Analyse durchgeführt.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	1,238 (0,428-3,585)	0,694
Lokalisation der Pathologie		
rechte Niere	1,000	Ref
linke Niere	0,596 (0,205-1,734)	0,342
Lagerung		
Bauchlage	1,000	Ref
Rücken-/Links- /Rechtsseitenlage	1,664 (0,571-4,853)	0,351
Planungs-CT		
nativ	1,000	Ref
Kontrastmittel	0,596 (0,205-1,734)	0,342
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	0,800 (0,277-2,311)	0,680

Tabelle 54. Nierenbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.

6.4.6 Erfolgsrate

6.4.6.1 Erfolg allgemein

Technisch erfolgreich waren 53 (96,4%) der Biopsien. Bei 2 (3,6%) Interventionen konnte kein Gewebe gewonnen werden. Klinisch erfolgreich waren 42 (76,4%) Nierenbiopsien, 13 (23,6%) waren klinisch nicht erfolgreich.

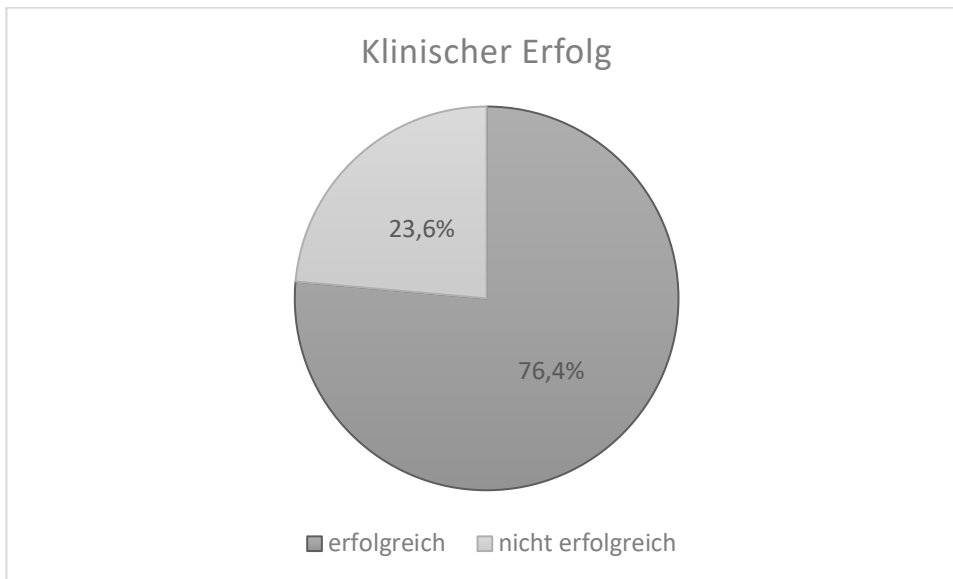


Abbildung 22. Nierenbiopsien - Klinischer Erfolg.

Die Abbildung zeigt Interventionsbilder einer klinisch erfolgreichen CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsie der Niere.



Abbildung 23. Nierenbiopsien - CT-Interventionsbilder einer 65-jährigen Patientin mit einer Nierenläsion; die histologische Auswertung ergab ein malignes Non-Hodgkin-Lymphom der B-Zell-Reihe.
a) präinterventionelle Planungs-CT. b) Entnahme der Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT.

6.4.6.2 Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen

60,0% der Biopsien in Rückenlage, 66,7% der Biopsien in Bauchlage und 72,7% der Biopsien in Rechtsseitenlage waren klinisch erfolgreich. In den genannten Lagerungen waren die Fallzahlen im Vergleich zur Lagerung in Bauchlage gering. Mit einer Fallzahl von 25 Personen lag die klinische Erfolgsrate in Bauchlage mit 83,3% im Vergleich zu den anderen Lagerungen am höchsten und über der allgemeinen klinischen Erfolgsrate der Nierenbiopsien von 76,4%. 70,0% der Nierenbiopsien mit lateralem und 100% mit ventralem Zugangsweg waren klinisch erfolgreich. Mit der höchsten Fallzahl waren 83,9% der dorsalen Biopsien klinisch erfolgreich. Die Biopsien mit ventralem Zugangsweg wiesen bei vergleichsweise geringer Fallzahl die höchste klinische Erfolgsrate auf. Bei der Verwendung von Kontrastmittel wurde eine klinische Erfolgsrate von 92,3%, bei nativen 62,1% erreicht. Bei Assistenzärzten waren 75,9% und bei Fachärzten 76,9% der Biopsien klinisch erfolgreich. Bei fehlender Komplikation waren 75,0% und bei Auftreten einer Komplikation 77,8% klinisch erfolgreich. Der klinische Erfolg war 100% bei einem Zugang durch ein Organ und 78,0% bei gewebeschonendem Zugangsweg. In der Häufigkeit divergierten die Parameter. Bei klinisch erfolgreichen Biopsien wurden Nadeln der Größe 18 Gauge am häufigsten verwendet. Es wurden am häufigsten 1 bis 3 Gewebeproben gewonnen. Patienten ohne Blutgerinnungsstörung wiesen einen höheren klinischen Erfolg auf. Der Median klinisch erfolgreicher Biopsien lag bei einer kürzeren Interventionszeit als bei klinisch nicht erfolgreichen Biopsien.

	Biopsie klinisch erfolgreich Häufigkeit und Prozentuale Verteilung	
Geschlecht		
männlich	25	83,3%
weiblich	17	68,0%
Lokalisation der Pathologie		
rechte Niere	21	72,4%
linke Niere	21	80,8%
Lagerung		
Bauchlage	25	83,3%
Rückenlage	3	60,0%
Rechtseitenlage	8	72,7%
Linksseitenlage	6	66,7%
Zugangsweg		
ventral	1	100,0%
lateral	14	70,0%
dorsal	26	83,9%
Zugang durch Organ		

nein	39	78,0%
ja	3	100,0%
Nadelgröße		
16G	5	83,3%
18G	24	75,0%
Narkose		
nein	41	77,4%
ja	1	50,0%
Planungs-CT		
nativ	18	62,1%
Kontrastmittel	24	92,3%
Radiologe		
Assistenzarzt	22	75,9%
Facharzt	20	76,9%
Komplikation		
nein	21	75,0%
ja	21	77,8%
Komplikationsart		
keine	21	75,0%
minor	21	77,8%
Probenanzahl		
1 bis 3	35	79,5%
4 bis 6	7	77,7%
Blutgerinnungsstörung		
nein	37	78,7%
ja	1	25,0%
Leberzirrhose		
nein	35	72,9%
ja	3	100,0%

Tabelle 55. Nierenbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.

6.4.7 Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg

6.4.7.1 *p*-Werte der Variablen

Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ waren die Variablen Planungs-CT, Blutgerinnungsstörung, Größe der Pathologie, Nadellänge und Interventionsdauer statistisch signifikante Faktoren für den klinischen Erfolg der Nierenbiopsien.

	p-Wert
Geschlecht	0,183
Lokalisation der Pathologie	0,467
Lagerung	0,552
Zugangsweg	0,433
Nadelgröße	0,206
Probenanzahl	0,165
Narkose	0,371
Planungs-CT	0,008
Radiologe	0,926
Zugang durch Organ	0,659
Komplikation	0,808
Komplikationsart	0,808
Blutgerinnungsstörung	0,018
Leberzirrhose	0,296
Alter	0,721
Größe Pathologie	0,002
Stanzlänge	0,679
Länge Stichkanal	0,662
Nadellänge	0,008
Interventionsdauer	0,006
Leukozyten	0,64
Thrombozyten	0,875
INR	0,817

Tabelle 56. Nierenbiopsien - *p*-Werte.

6.4.7.2 *Univariate logistische Regression*

In den univariaten logistischen Regressionsanalysen war die Planungs-CT ($p=0,016$) ein statistisch signifikanter Faktor für den klinischen Erfolg einer Nierenbiopsie. Patienten bei Planungs-CT mit Kontrastmittel hatten im Vergleich zur Gruppe mit nativer Voraufnahme eine 7,3-fache Wahrscheinlichkeit (KI 1,4-37,3) einer klinisch erfolgreichen Biopsie.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	0,425 (0,119-1,522)	0,189
Lokalisation der Pathologie		
rechte Niere	1,000	Ref
linke Niere	1,600 (0,449-5,701)	0,468
Lagerung		
Bauchlage	1,000	Ref
Rücken-/Rechts- /Linksseitenlage	0,425 (0,119-1,522)	0,189
Planungs-CT		
nativ	1,000	Ref
Kontrastmittel	7,333 (1,443-37,274)	0,016
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	1,061 (0,305-3,692)	0,926
Komplikation allgemein		
nein	1,000	Ref
ja	1,167 (0,335-4,060)	0,809
Komplikationsart		
keine	1,000	Ref
minor	1,167 (0,335-4,060)	0,809

Tabelle 57. Nierenbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.

6.4.7.3 Multivariate logistische Regression

Die multivariate logistische Regression bestätigte eine statistische Signifikanz bei der Planungs-CT mit Kontrastmittel.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	0,555 (0,142-2,162)	0,394
Planungs-CT		
nativ	1,000	Ref
Kontrastmittel	6,652 (1,288-34,365)	0,024

Tabelle 58. Nierenbiopsien - multivariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.

6.5 Ergebnisse der Auswertung von 600 CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien sonstiger Organe im Abdomen

6.5.1 Patientencharakteristika

6.5.1.1 Geschlecht

Im Zeitraum Januar 2012 bis Dezember 2016 wurden 600 CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien im Abdomen exklusive Leber, Niere und Pankreas bei 552 Patienten durchgeführt. 329 (54,8%) waren Männer und 271 (45,2%) waren Frauen.

6.5.1.2 Alter

Das durchschnittliche Alter des Patientenkollektivs betrug 61,0 ($\pm 15,0$) Jahre. Das durchschnittliche weibliche Alter lag mit 60,7 ($\pm 15,0$) Jahren unter, das durchschnittliche männliche Alter mit 61,3 ($\pm 15,1$) Jahren leicht oberhalb des allgemeinen Durchschnittsalters.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Median
Alter allgemein	61,0	15,0	3	89	63
Alter weiblich	60,7	15,0	20	88	63
Alter männlich	61,3	15,1	3	89	64

Tabelle 59. Abdomenbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.

6.5.1.3 Blutwerte

Die Tabelle zeigt die Mittelwerte, Minima, Maxima und Mediane der Leukozyten- und Thrombozytenzahl sowie des INR der Patienten vor der Intervention.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl N	Median
Leukozyten (G/l)	8,5	7,4	0,9	96,5	588	7,2
Thrombozyten (G/l)	265,1	108,9	22,0	684,0	586	250,0
INR	1,1	0,1	0,9	2,4	585	1,0

Tabelle 60. Abdomenbiopsien - Blutwerte.

6.5.1.4 Relevante Vorerkrankungen

1,7% der Patienten hatten eine Blutgerinnungsstörung, 2,3% der Patienten eine Leberzirrhose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Blutgerinnungsstörung				25
nein	565	94,2	98,3	
ja	10	1,7	1,7	
Leberzirrhose				25
nein	561	93,5	97,6	
ja	14	2,3	2,4	

Tabelle 61. Abdomenbiopsien - relevante Erkrankungen.

6.5.2 Interventionscharakteristika

6.5.2.1 Lokalisation der Pathologie

Die meisten Biopsien im Abdomen befanden sich im unteren Abdominalbereich und kleinen Becken gefolgt von retroperitonealer Lokalisation und oberem Abdominalbereich. Zudem wurde muskulär, in den Nebennieren, den Adnexen, der Milz und im Uterus biopsiert.

	Häufigkeit	Prozent	gültige Prozent
Lokalisation der Pathologie			
unterer Abdominalbereich und kleines Becken	203	33,8	33,8
retroperitoneal	185	30,8	30,8
oberer Abdominalbereich	121	20,2	20,2
muskulär	58	9,7	9,7
Nebenniere	16	2,7	2,7
Adnexen	8	1,3	1,3
Milz	7	1,2	1,2
Uterus	2	0,3	0,3

Tabelle 62. Abdomenbiopsien - Lokalisation der Pathologie.

Die Abbildung zeigt die Häufigkeiten der Lokalisationen im Abdomen.

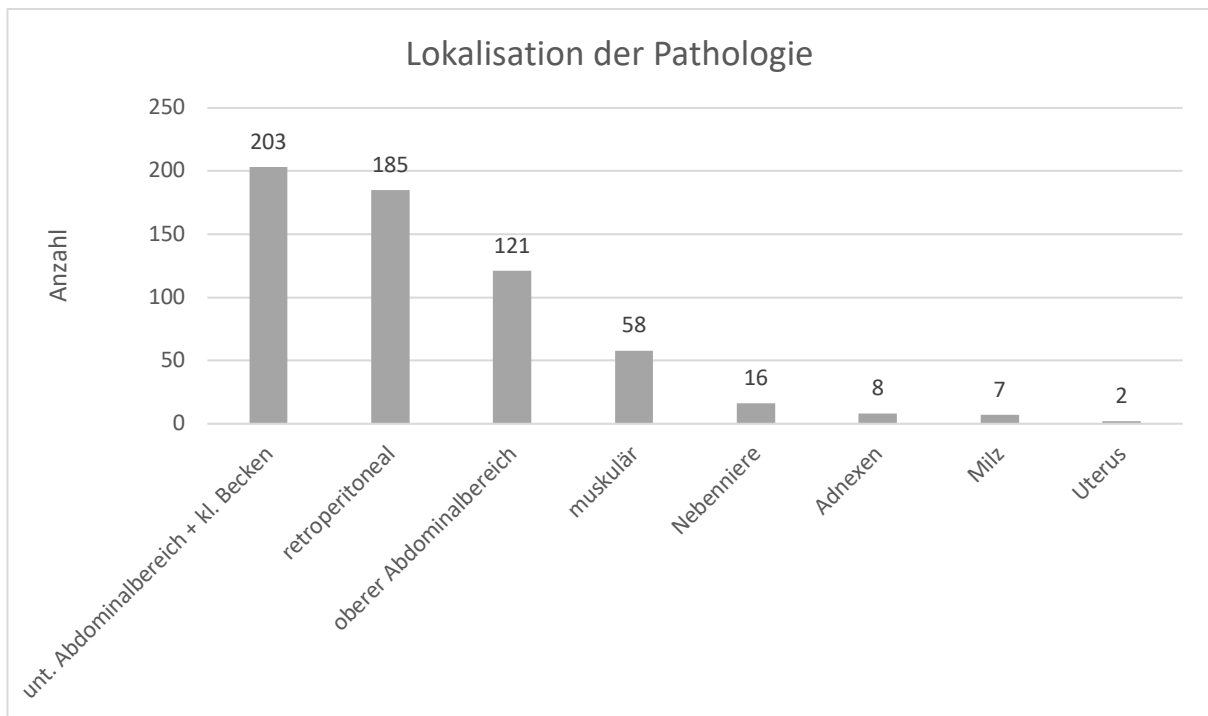


Abbildung 24. Abdomenbiopsien - Lokalisation der Pathologie.

6.5.2.2 Planungs-Computertomographie

Bei 347 (57,8%) Patienten wurde die Planungs-CT unmittelbar vor der Intervention mit intravenösem Kontrastmittel durchgeführt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Planungs-CT				4
nativ	249	41,5	41,8	
Kontrastmittel	347	57,8	58,2	

Tabelle 63. Abdomenbiopsien - Planungs-Computertomographie.

6.5.2.3 Narkose

1,7% der Patienten erhielten eine periinterventionelle Vollnarkose.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Narkose				4
nein	586	97,7	98,3	
ja	10	1,7	1,7	

Tabelle 64. Abdomenbiopsien - Narkose.

6.5.2.4 Lagerung des Patienten

Die Biopsien wurden in Bauch-, Rücken-, Rechts- sowie Linksseitenlage durchgeführt. Die meisten Biopsien (282; 47,0%) fanden in Rückenlage statt, am seltensten in Rechtsseitenlage (39; 6,5%).

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend
Lagerung				5
Bauchlage	220	36,7	37,0	
Rückenlage	282	47,0	47,4	
Rechtsseitenlage	39	6,5	6,6	
Linksseitenlage	54	9,0	9,1	

Tabelle 65. Abdomenbiopsien - Lagerung des Patienten.

6.5.2.5 Nadelgröße

In 33,3% wurde eine 18 Gauge Nadel gewählt. Wenn die Nadelgrößen im Untersuchungsbericht nicht erwähnt wurden, gab es aufgrund der Weiterentwicklung eines Dokumentationsprogramms retrospektiv keinen anderen Zugriff. Das erklärt die hohe Anzahl an Fehlenden.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Nadelgröße				200
16G	184	30,7	46,0	
18G	200	33,3	50,0	
alle anderen	16	2,6	4,0	

Tabelle 66. Abdomenbiopsien - Nadelgröße.

6.5.2.6 Probenanzahl

Bei 490 (81,7%) Biopsien wurden 1 bis 3 Gewebeprobe(n) für die pathologische und mikrobielle Auswertung gewonnen.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Probenanzahl				31
0	8	1,3	1,4	
1 bis 3	490	81,7	86,1	
4 bis 6	67	11,2	11,8	
7 bis 9	4	0,7	0,7	

Tabelle 67. Abdomenbiopsien - Probenanzahl.

6.5.2.7 Zugangsweg

Der Zugangsweg wurde in ventral, lateral und dorsal eingeteilt. Für die meisten Biopsien (242; 40,3%) wurde ein dorsaler Zugangsweg gewählt. 215 (35,8%) wurden von ventral und 121 (20,2%) von lateral biopsiert.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugangsweg				22
ventral	215	35,8	37,2	
lateral	121	20,2	20,9	
dorsal	242	40,3	41,9	

Tabelle 68. Abdomenbiopsien - Zugangsweg.

6.5.2.8 Zugang durch ein Organ

In 35 Fällen (5,8%) wurde die Abdomenläsion durch ein anderes Organ biopsiert. Der Stichkanal verlief in 14 Fällen durch die Leber, in 9 Fällen durch die Lunge, in 3 Fällen durch Darm und in 2 Fällen durch die Niere. Bei 544 Patienten (90,7%) konnte der risikoärmere Weg ohne Verletzung eines zusätzlichen Organs gewählt werden.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Zugang durch Organ				21
nein	544	90,7	94,0	
ja	35	5,8	6,0	

Tabelle 69. Abdomenbiopsien - Zugang durch ein Organ.

6.5.2.9 Erfahrung des Radiologen

51,7% der Biopsien wurden von radiologischen Assistenzärzten unter Supervision durchgeführt.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Radiologe				7
Assistenzarzt	310	51,7	52,3	
Facharzt	283	47,2	47,7	

Tabelle 70. Abdomenbiopsien - Erfahrung des Radiologen.

6.5.2.10 Weitere Charakteristika der Intervention

Die Größe einer Pathologie im Abdomen lag im Mittelwert bei 5,4 ($\pm 4,1$)cm. Die kleinste Pathologie war 1cm groß. Die Proben hatten eine mittlere Stanzlänge von 1,3 ($\pm 0,8$)cm. Die Stichkanallänge lag im Mittelwert bei 9,1 ($\pm 3,4$)cm. Der kürzeste Stichkanal lag bei 1,4cm. Es wurden Nadellängen zwischen 10-20cm verwendet. Im Durchschnitt wurden 2 Proben innerhalb von 28,3 ($\pm 11,5$) Minuten gewonnen. Die kürzeste Intervention dauerte 8 Minuten, die längste 91 Minuten. Die Tabelle fasst Mittelwerte, Standardabweichungen, Mediane, Minima, Maxima und die Anzahl weiterer Charakteristika zusammen.

	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum	Anzahl	Median
Größe Pathologie (cm)	5,4	4,1	1,0	35,0	581	3,9
Stanzlänge (cm)	1,3	0,8	0,1	5,0	482	1,2
Länge Stichkanal (cm)	9,2	3,4	1,4	18,6	578	8,8
Nadellänge (cm)	14,0	3,0	10,0	20,0	239	13,0
Probenanzahl (Stück)	2,3	1,2	0	11,0	570	2,0
Interventionsdauer (min)	28,3	11,5	8,0	91,0	587	26,0

Tabelle 71. Abdomenbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.

6.5.3 Dosimetrie

Das Dosislängenprodukt der Fluoroskopie betrug im Mittel 40,9 ($\pm 39,0$)mGy*cm. Der Bereich lag zwischen 3mGy*cm und 445mGy*cm. Der Mittelwert des DLP der gesamten Intervention lag mit 721,7 ($\pm 463,2$)mGy*cm höher. Hier lagen die Werte des DLP zwischen 55mGy*cm und 4.029mGy*cm. Die mittlere effektive Dosis betrug 10,4 ($\pm 7,2$)mSv. Die Werte der effektiven Dosis wiesen einen Bereich von 0mSv bis 60,8mSv auf. Der Median lag bei 9mSv.

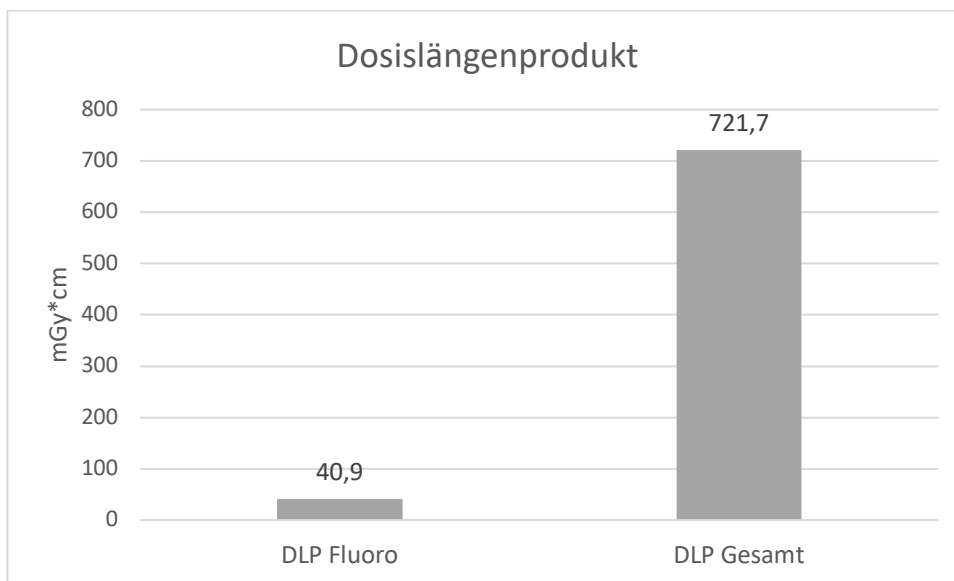


Abbildung 25. Abdomenbiopsien - Dosislängenprodukt.

6.5.4 Komplikationen

6.5.4.1 Komplikationsart

Bei 550 (91,7%) Abdomenbiopsien traten keine Komplikationen auf. In 43 (7,2%) Fällen kam es während und durch die Intervention zu einer Komplikation. Davon waren 29 (67,4%) Fälle Blutungskomplikationen. In 14 (32,6%) Fällen waren die Komplikationen das Auftreten von Schmerzen und Nervenreizungen mit teilweiser Hypästhesie, geringe Pneumothoraces, Darmperforationen, eine Synkope, eine Hyperventilation mit verwaschener Sprache oder eine am ehesten lokalanästhetisch bedingte Paralyse des Beins. Ein Patient entwickelte bei der Gabe von Lokalanästhetikum eine Synkope von 10-15 Sekunden und eine circa 20-minütige Bewusstlosigkeit aufgrund einer allergischen Reaktion. Ein Patient reagierte nach der interventionsbedingten Perforation einzelner Dünndarmschlingen auf die Gabe von Cefuroxim mit ausgeprägtem Arzneimittelexanthem. Bei den Biopsien der Nebennieren trat in 5 der 16 Interventionen (31,3%) eine Komplikation auf, die alle konservativ behandelt wurden. Bei 36 (6,0%) Biopsien sonstiger Organe im Abdomen kam es zu einer Minorkomplikation, in 7 (1,2%) zu einer Majorkomplikation. Kein Patient verstarb während und durch die Intervention der Abdomenbiopsien.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Komplikation allgemein				7
nein	550	91,7	92,7	
ja	43	7,2	7,3	
Komplikationsart			7,0	
keine	550	91,7	92,7	
minor	36	6,0	6,1	
major	7	1,2	1,2	

Table 72. Abdomenbiopsien - Überblick über die Komplikationen.

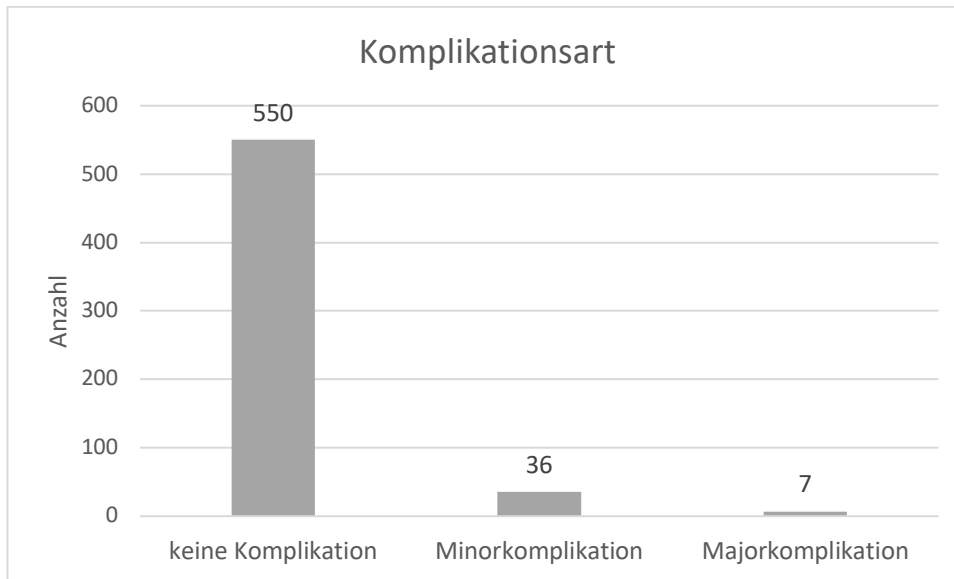


Abbildung 26. Abdomenbiopsien - Komplikationsart.

Die Tabelle zeigt die Majorkomplikationen der Abdomenbiopsien im Hinblick auf Lokalisation, Art und Prozedere.

	Lokalisation der Pathologie	Komplikation	Prozedere
1	retroperitoneal	Pneumothorax	Anlage einer Drainage
2	retroperitoneal	Synkope mit allergischer Reaktion auf Kontrastmittel	Gabe von Dimetinden und Cimetidin, Begleitung durch Anästhesie
3	retroperitoneal	Hypästhesie in L3/L4	Anlage einer Drainage
4	retroperitoneal	Darmperforation	antibiotische Prophylaxe
5	oberer Abdominalbereich	Pneumothorax	Anlage einer Drainage
6	unterer Abdominalbereich und kleines Becken	Blutung	klinische Überwachung
7	unterer Abdominalbereich und kleines Becken	Blutung	Angiographie mit Coiling

Tabelle 73. Abdomenbiopsien - Überblick über die Majorkomplikationen.

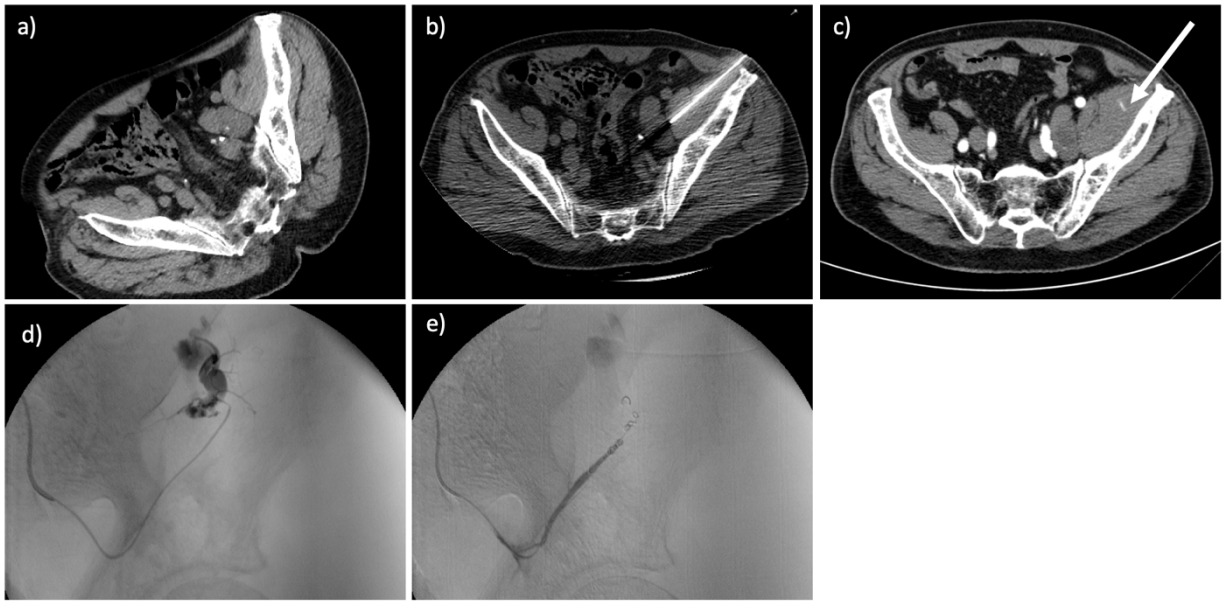


Abbildung 27. Abdomenbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 83-jährigen Patienten mit unklarer Läsion des Abdomens; die histologische Auswertung zeigt ein Neurinom.
 a) präinterventionelle Planungs-CT mit Läsion. b) Entnahme der Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT mit arterieller Blutung und Blutungsfahne (weißer Pfeil). d) Angiographie mit Darstellung der Blutung. e) Angiographie bei erfolgreicher Embolisation mit Mikrocoils.

6.5.4.2 *Procedere bei Komplikation*

39 (90,7%) Komplikationen konnten konservativ behandelt werden. Bei 3 (7,0%) Komplikationen war eine Bluttransfusion oder ein minimalinvasives Vorgehen notwendig. Bei einem Fall (2,3%) war eine Angiographie notwendig. Kein Patient benötigte ein operatives Vorgehen.

	Häufigkeit N	Prozent	gültige Prozent	Fehlend N
Procedere bei Komplikation				557
konservativ	39	6,5	90,7	
minimalinvasiv/ Bluttransfusion	3	0,5	7,0	
Angiographie	1	0,2	2,3	

Tabella 74. *Abdomenbiopsien - Procedere bei Komplikation.*

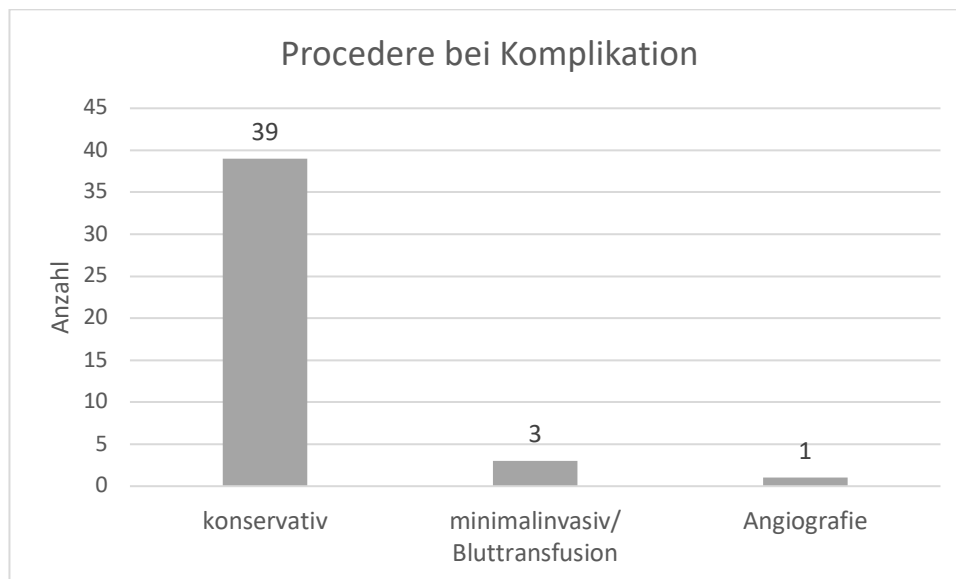


Abbildung 28. *Abdomenbiopsien - Procedere bei Komplikation.*

6.5.5 Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate

6.5.5.1 Univariate logistische Regression

In der univariaten Regressionsanalyse waren die Lagerung des Patienten ($p=0,001$), ein dorsaler Zugangsweg ($p=0,001$), der Zugang durch ein Organ ($p<0,001$) und die Länge des Stichkanals ($p=0,021$) signifikante Faktoren für das Auftreten einer Komplikation. Bei einer Abdomenbiopsie war die Wahrscheinlichkeit für eine Komplikation in Rückenlage 0,3-fach geringer als in Bauchlage. Bei dorsalem Zugangsweg war die Wahrscheinlichkeit 4,6-fach höher für eine Komplikation als bei ventralem Zugangsweg. Mit einer Odds Ratio von 6,8 war die Wahrscheinlichkeit für eine Komplikation bei einem Zugang durch ein Organ im Vergleich zu einem strukturschonenden Zugang ohne weitere Organverletzung erhöht. War der Stichkanal größer als 8cm, erhöhte sich die Wahrscheinlichkeit auf eine Komplikation 2,4-fach im Vergleich zu kleinerem Stichkanal. Ein dorsaler Zugangsweg, ein Zugang durch ein Organ und ein Stichkanal über 8cm Länge wiesen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, die Lagerung in Rückenlage eine geringere Wahrscheinlichkeit für eine Komplikation im Vergleich zur Referenzkategorie auf.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	0,950 (0,509-1,775)	0,872
Lagerung		
Bauchlage	1,000	Ref
Rückenlage	0,304 (0,147-0,631)	0,001
Rechtsseitenlage	0,615 (0,177-2,141)	0,445
Linksseitenlage	0,443 (0,129-1,523)	0,196
Zugangsweg		
ventral	1,000	Ref
lateral	1,493 (0,446-4,999)	0,516
dorsal	4,556 (1,848-11,233)	0,001
Planungs-CT		
nativ	1,000	Ref
Kontrastmittel	1,098 (0,582-2,071)	0,773
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	1,156 (0,621-2,152)	0,647
Zugang durch Organ		
nein	1,000	Ref
ja	6,760 (2,975-15,358)	<0,001

Alter		
<60 Jahre	1,000	Ref
≥60 Jahre	0,688 (0,369-1,281)	0,238
Stanzlänge		
≤1,5cm	1,000	Ref
>1,5cm	0,928 (0,448-1,919)	0,840
Länge Stichkanal		
≤8cm	1,000	Ref
>8cm	2,354 (1,137-4,873)	0,021
Nadellänge		
≤13cm	1,000	Ref
>13cm	2,189 (0,844-5,682)	0,107

Tabelle 75. Abdomenbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.

6.5.5.2 Multivariate logistische Regression

Der Zugang durch ein Organ bestätigte sich in der multivariaten Analyse als unabhängiger Faktor.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	1,031 (0,513-2,071)	0,932
Lagerung		
Bauchlage	1,000	Ref
Rückenlage	0,726 (0,138-3,819)	0,706
Rechtsseitenlage	0,872 (0,234-3,257)	0,839
Linksseitenlage	0,516 (0,126-2,122)	0,359
Zugangsweg		
ventral	1,000	Ref
lateral	1,215 (0,294-5,016)	0,788
dorsal	3,272 (0,552-19,392)	0,192
Zugang durch Organ		
nein	1,000	Ref
ja	6,968 (2,771-17,526)	<0,001
Länge Stichkanal		
≤8cm	1,000	Ref
>8cm	1,215 (0,541-2,730)	0,637

Tabelle 76. Abdomenbiopsien - multivariate logistische Regression der Komplikationsrate.

6.5.6 Erfolgsrate

6.5.6.1 Erfolg allgemein

Technisch erfolgreich waren 592 (98,6%) Biopsien. Bei 8 (1,3%) Interventionen konnte kein Gewebe gewonnen werden. Klinisch erfolgreich waren 512 (85,3%) Biopsien sonstiger Organe des Abdomens, 88 (14,7%) waren klinisch nicht erfolgreich. Biopsien der Nebennieren waren in 75,0% (12/16 Biopsien) klinisch erfolgreich.

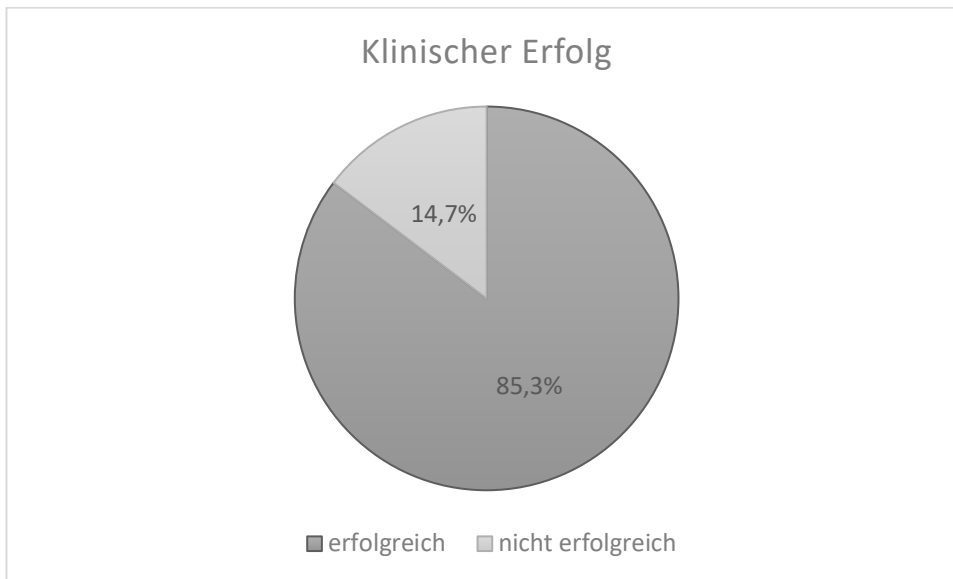


Abbildung 29. Abdomenbiopsien - Klinischer Erfolg.

Die Abbildung zeigt Interventionsbilder einer klinisch erfolgreichen CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsie sonstiger Organe im Abdomen.



Abbildung 30. Abdomenbiopsien - CT-Interventionsbilder einer 59-jährigen Patientin mit unklarem retroperitonealem Lymphknotenbulk; die histologische Auswertung zeigt ein folliculäres Non-Hodgkin-Lymphom der B-Zell-Reihe.

a) präinterventionelle Planungs-CT der Läsion und miterfasstem kalzifiziertem Aortenplaque. b) Entnahme der Biopsie unter CT-Fluoroskopie. c) postinterventionelle Kontroll-CT.

6.5.6.2 Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen

Die klinische Erfolgsrate lag bei Frauen mit 84,1% unter, bei Männern mit 86,3% über der durchschnittlichen Erfolgsrate der Biopsien von 85,3%. 81,5% der Biopsien in Linksseitenlage, 85,1% der Biopsien in Rückenlage, 86,4% der Biopsien in Bauchlage und 87,2% der Biopsien in Rechtsseitenlage waren klinisch erfolgreich. Die numerischen Fallzahlen divergierten in den Gruppen. 83,3% der Abdomenbiopsien mit ventralem und 86% mit lateralem Zugangsweg waren klinisch erfolgreich. Biopsien mit dorsalem Zugangsweg hatten den höchsten klinischen Erfolg von 87,2%. Die Werte der Erfolgsraten lagen mit 83,5% nativ und 86,5% mit Kontrastmittel prozentual ähnlich. Bei Assistenzärzten waren 86,8% und bei Fachärzten 83,4% der Biopsien klinisch erfolgreich. Bei fehlender Komplikation waren 86,2% und bei Auftreten einer Komplikation 72,1% klinisch erfolgreich. Biopsien mit Majorkomplikation waren klinisch erfolgreicher als mit Minorkomplikation. Ohne Zugang durch ein Organ und bei Planungs-CT mit Kontrastmittel war der klinische Erfolg höher als in der jeweiligen Vergleichsgruppe. Bei klinisch erfolgreichen Biopsien wurden Nadeln der Größe 18 Gauge am häufigsten verwendet. Es wurden am häufigsten 1 bis 3 Gewebeproben gewonnen. Der Median klinisch erfolgreicher Biopsien lag bei einer ähnlichen Interventionszeit wie bei klinisch nicht erfolgreichen Biopsien.

	Biopsie klinisch erfolgreich Anzahl und prozentuale Verteilung	
Geschlecht		
männlich	284	86,3%
weiblich	228	84,1%
Lagerung		
Bauchlage	190	86,4%
Rückenlage	240	85,1%
Rechtseitenlage	34	87,2%
Linksseitenlage	44	81,5%
Zugangsweg		
ventral	179	83,3%
lateral	104	86,0%
dorsal	211	87,2%
Zugang durch Organ		
nein	469	86,2%
ja	26	74,3%
Nadelgröße		
16G	162	88,0%
18G	166	83,0%

alle anderen	13	81,3%
Narkose		
nein	500	85,3%
ja	8	80,0%
Planungs-CT		
nativ	208	83,5%
Kontrastmittel	300	86,5%
Radiologe		
Assistenzarzt	269	86,8%
Facharzt	236	83,4%
Komplikation		
nein	474	86,2%
ja	31	72,1%
Komplikationsart		
keine	474	86,2%
minor	25	69,4%
major	6	85,7%
Probenanzahl		
1 bis 3	426	86,9%
4 bis 6	59	88,1%
7 bis 9	2	50,0%
Region Pathologie		
intraperitoneal	112	88,2%
retroperitoneal	190	87,2%
subperitoneal	188	81,7%
mesenterial	19	86,4%
Blutgerinnungsstörung		
nein	7	70,0%
ja	484	85,7%
Leberzirrhose		
nein	479	85,4%
ja	12	85,7%

Tabelle 77. Abdomenbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.

6.5.7 Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg

6.5.7.1 *p*-Werte der Variablen

Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ waren die Variablen Komplikation, Komplikationsart und Stanzlänge statistisch signifikante Faktoren auf den klinischen Erfolg der Abdomenbiopsien.

	p-Wert
Geschlecht	0,451
Lagerung	0,814
Zugangsweg	0,485
Zugang durch Organ	0,052
Nadelgröße	0,485
Narkose	0,638
Planungs-CT	0,321
Radiologe	0,247
Komplikation	0,012
Komplikationsart	0,024
Region Pathologie	0,286
Blutgerinnungsstörung	0,164
Leberzirrhose	0,972
Alter	0,087
Größe Pathologie	0,206
Stanzlänge	0,002
Länge Stichkanal	0,295
Nadellänge	0,256
Interventionsdauer	0,369
Leukozyten	0,746
Thrombozyten	0,507
INR	0,298

Tabelle 78. Abdomenbiopsien - *p*-Werte.

6.5.7.2 Univariate logistische Regression

In den univariaten logistischen Regressionsanalysen war die Komplikation mit einem p-Wert von 0,015 ein signifikanter Faktor für den klinischen Erfolg der Abdomenbiopsien. Bei Auftreten einer Komplikation lag die Odds Ratio bei 0,4 (KI 0,2-0,8). Die Wahrscheinlichkeit auf klinischen Erfolg war bei Auftreten einer Komplikation 0,4-fach geringer als ohne Komplikationen.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	0,840 (0,534-1,321)	0,451
Lagerung		
Bauchlage	1,000	Ref
Rechtsseitenlage	1,074 (0,389-2,962)	0,891
Linksseitenlage	0,695 (0,316-1,527)	0,365
Rückenlage	0,902 (0,544-1,496)	0,69
Zugangsweg		
ventral	1,000	Ref
lateral	1,230 (0,658-2,299)	0,516
dorsal	1,369 (0,814-2,302)	0,237
Planungs-CT		
nativ	1,000	Ref
Kontrastmittel	1,258 (0,799-1,982)	0,322
Radiologe		
Assistenzarzt	1,000	Ref
Facharzt	0,765 (0,486-1,205)	0,248
Komplikation allgemein		
nein	1,000	Ref
ja	0,414 (0,204-0,842)	0,015
Zugang durch Organ		
nein	1,000	Ref
ja	0,462 (0,208-1,024)	0,057
Alter		
<60 Jahre	1,000	Ref
≥60 Jahre	1,268 (0,804-2,000)	0,306
Stanzlänge		
≤1,5cm	1,000	Ref
>1,5cm	1,669 (0,893-3,121)	0,108
Länge Stichkanal		
≤8cm	1,000	Ref

>8cm	1,138 (0,720-1,798)	0,579
Nadellänge		
≤13cm	1,000	Ref
>13cm	0,717 (0,396-1,298)	0,273

Tabelle 79. Abdomenbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.

6.5.7.3 Multivariate logistische Regression

Die multivariate logistische Regression zeigte eine statistische Signifikanz beim Auftreten einer Komplikation.

	Odds Ratio (95% KI)	p-Wert
Geschlecht		
männlich	1,000	Ref
weiblich	0,843 (0,534-1,330)	0,462
Komplikation allgemein		
nein	1,000	Ref
ja	0,413 (0,203-0,839)	0,015

Tabelle 80. Abdomenbiopsien - multivariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.

6.6 Statistische Einflussfaktoren im Überblick

6.6.1 Einflussfaktoren auf die klinische Erfolgsrate in Leber, Pankreas, Niere und Abdomen

Die Tabelle zeigt die Einflussfaktoren auf die klinische Erfolgsrate in Leber, Pankreas, Niere und Abdomen.

	Leber	Niere	Abdomen	Pankreas
p-Werte	<ul style="list-style-type: none"> - Lagerung - Größe der Pathologie - Interventionsdauer 	<ul style="list-style-type: none"> - Planungs-CT - Blutgerinnungsstörung - Größe der Pathologie - Nadellänge - Interventionsdauer 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplikation - Komplikationsart - Stanzlänge 	<ul style="list-style-type: none"> - Zugang durch Organ - Blutgerinnungsstörung - Stanzlänge - Nadellänge
univariate logistische Regression	<ul style="list-style-type: none"> - Lagerung - Größe der Pathologie 	<ul style="list-style-type: none"> - Planungs-CT 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplikation 	keine
multivariate logistische Regression	<ul style="list-style-type: none"> - Größe der Pathologie 	<ul style="list-style-type: none"> - Planungs-CT 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplikation 	

Tabelle 81. Einflussfaktoren auf die klinische Erfolgsrate.

6.6.2 Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate in Leber, Pankreas, Niere und Abdomen

Die Tabelle zeigt die Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate in Leber, Pankreas, Niere und Abdomen.

	Leber	Niere	Abdomen	Pankreas
univariate logistische Regression	<ul style="list-style-type: none"> - Erfahrung des Radiologen - Lokalisation der Pathologie 	keine	<ul style="list-style-type: none"> - Zugangsweg - Zugang durch Organ - Stichkanal - Lagerung 	keine
multivariate logistische Regression	<ul style="list-style-type: none"> - Erfahrung des Radiologen - Lokalisation der Pathologie 		<ul style="list-style-type: none"> - Zugang durch Organ 	

Tabelle 82. Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate.

7 Diskussion

7.1 Klinische Erfolgsrate und Einflussfaktoren

7.1.1 Leber

Diese Studie wies mit 471 klinisch erfolgreichen und 99 klinisch nicht erfolgreichen Biopsien eine klinische Erfolgsrate von 82,6% auf. Die Literatur weist insbesondere Vergleichsmaterial für CT-gesteuerte Biopsien ohne Fluoroskopie auf.

In der Studie zu 46 CT-gesteuerten stereotaktischen Leberbiopsien von Schullian et al. lag der klinische Erfolg bei 97,8% (57). Mit 46 Biopsien ist die Kohorte deutlich kleiner als 570 Biopsien unserer Studie. Die hohe Anzahl von 570 Biopsien unterstreicht die hohe Aussagekraft unserer Studie. Die Läsionen waren im Median 3,5cm (57). Damit ist der Median um 0,5cm größer als in unserer Studie. Wichtig für den Vergleich der Studien ist, dass die Größe der Pathologie in uni- und multivariater Analyse ein signifikanter Faktor für den klinischen Erfolg bei Leberbiopsien ist. Läsionen mit einer Größe von ≥ 4 cm hatten in der multivariaten Analyse eine 2,3-fache Wahrscheinlichkeit im Vergleich zu Läsionen $< 1,5$ cm für klinischen Erfolg. Die Literatur bestätigt, dass kleine Läsionen oft nicht leicht zu biopsieren sind (47).

Bei Haage et al. wurden perkutane CT-gesteuerte Biopsien ohne Fluoroskopie durchgeführt. Hier konnte bei 94,0% (251/267 Biopsien) eine zielführende Diagnose gestellt werden (75). Die verwendeten Nadelgrößen unterscheiden sich. Bei Haage et al. wurde meist eine 18 Gauge Nadel, in unserer Studie meist eine 16 Gauge Nadel verwendet. Die Nadelgröße ist jedoch in der Analyse der p-Werte unserer Studie kein signifikanter Einflussfaktor des klinischen Erfolgs.

Auch Stattaus et al. berichteten über CT-gesteuerte Biopsien (Fallzahl 163) unter Verwendung verschiedener Nadelgrößen (76). Die Fallzahl beträgt im Vergleich zu 570 Biopsien in unserer Studie weniger als die Hälfte. Hier lag die Treffsicherheit bei 94,5%. Bei Verwendung von dickeren Nadeln war diese höher: 97,5% bei 16 Gauge und 85,7% bei 18 Gauge Nadeln (76). Auch in unserer Studie lag der klinische Erfolg bei Verwendung von dickeren Nadeln höher: 84,5% bei 16 Gauge und 82,7% bei 18 Gauge. Ähnlich zu unserer Studie wurde meist eine 16 Gauge Nadel (16G in 121 Fällen, 18G in 42 Fällen) verwendet (76). In beiden Studien sind dickere Nadeln bei Leberbiopsien mit höherem klinischem Erfolg bzw. Treffsicherheit assoziiert. Die mediane Interventionszeit unserer Studie von 26 Minuten deckt sich mit 27 Minuten bei Stattaus et al. (76). Zu beachten ist, dass die Interventionsdauer in der Analyse der p-Werte einen signifikanten Faktor des klinischen Erfolgs darstellt.

Bei Sainani et al. wurden 133 isoattenuierte Leberläsionen CT-gesteuert biopsiert um das Vorliegen von Metastasen, Malignität bei chronischer Hepatitis und Zirrhose zu bestätigen oder zwischen maligner und benigner fokaler Läsion zu unterscheiden (77). Dabei wurden entweder anatomische Strukturen oder intravenöses Kontrastmittel zur Orientierung während der Biopsie verwendet (77). Die Diagnosestellung nach der initialen Biopsie gelang in 72% bzw. in 75% bei zusätzlicher Verwendung von intravenösem Kontrastmittel (77). Intravenöses Kontrastmittel wurde in 79 Fällen (59,4%) benötigt (77). Dies deckt sich mit den Zahlen unserer Kohorte (58%). Die Diagnosestellung, also der klinische Erfolg gelang in unsere Studie sogar bei 84% mit nativer, bei 82% mit Kontrastmittel durchgeführter Planungs-CT. Die Methode der Planungs-CT zeigte sich jedoch nicht als Einflussfaktor des klinischen Erfolgs. In beiden Studien wurden mehr Proben aus dem rechten Leberlappen als aus dem linken Leberlappen gewonnen (348/570 (61,1%) vs. 100/133 (75,2%) (77). Die mittlere Größe der Läsion war bei Sainani et al. 2,8cm, in unserer Studie 3,6cm (77). Die Läsionen unserer Studie sind im Mittel 0,8cm größer. Da größere Läsionen in unserer Studie eine höhere Wahrscheinlichkeit für klinischen Erfolg zeigen, könnte dies eine Ursache für den höheren klinischen Erfolg unserer Studie sein. Die Studien unterscheiden sich auch im Vorliegen einer Leberzirrhose. Bei Sainani et al. hatten 60,2% Patienten eine Leberzirrhose (77). In unserer Studie hatten nur 16,1% eine Leberzirrhose, bei Patienten mit Zirrhose waren 77,2%, ohne Zirrhose 83,5% klinisch erfolgreich. Das Vorliegen einer Zirrhose zeigte sich jedoch nicht als signifikanter Faktor des klinischen Erfolgs. Ein signifikanter Faktor ist die Lagerung des Patienten während der Biopsie. Patienten in Rückenlage hatten eine 2,1-fache Wahrscheinlichkeit für klinischen Erfolg im Vergleich zu Patienten in Bauch-/Rechts- und Linksseitenlage. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Gruppen in ihrer Größe unterscheiden (Rückenlage Anzahl 486; Bauch-/Rechts- und Linksseitenlage Anzahl 82).

7.1.2 Pankreas

Diese Studie wies eine klinische Erfolgsrate von 82,1% auf und ist mit den Erfolgsraten anderer Studien (81-98,1%) vergleichbar (78-80). Es handelt sich um fluoroskopisch computertomographische (81% (79)), konventionell computertomographische (98,1% (78)) und transvenös/transcavale (86% (80)) Verfahren.

Bei Tyng et al. konnte in 98,1% (101/103 Biopsien) der CT-gesteuerten Biopsien des Pankreas eine Diagnose gestellt werden (78). Die Divergenz kann durch die Unterscheidung zwischen technischem und klinischem Erfolg in unserer Studie erklärt werden. Der technische Erfolg von 100% ist zu Tyng et al. vergleichbar. Eine mögliche Ursache des geringeren klinischen Erfolges wäre, dass in unserer Studie nur Gewebe mit eindeutiger Pathologie und klinischer Diagnose als klinisch erfolgreich gewertet wurde. Ein weiterer Unterschied ist die Verwendung von konventioneller CT und CT-Fluoroskopie. In

beiden Studien lag die mittlere Größe der Läsion bei 4,6cm (Größe Pathologie: Mittelwert 4,6cm; Bereich 1,4-12,1cm vs. Mittelwert 45,5mm; Bereich 15-195mm (78)). Unsere Studie ergab die Größe der Pathologie bei Pankreasbiopsien im Gegensatz zu Leber- und Nierenbiopsien nicht als signifikanten Faktor des klinischen Erfolgs.

Bei Zech et al. lag der klinische Erfolg bei 81% (51/63 Biopsien) (79). Dies entspricht der klinischen Erfolgsrate unserer Studie von 82,1%. Zech et al. verwendeten auch das Verfahren der Fluoroskopie. Ähnlich zu unserer Studie ist das mittlere Alter von 63,8 Jahren, eine Fallzahl von 63 Biopsien, die Durchführung der Intervention mit Lokalanästhesie ohne Narkose sowie ein technischer Erfolg von 100% (mittleres Alter 66,3 Jahre; Fallzahl 67; alle Interventionen ohne Narkose; technischer Erfolg 100%) (79). Interessant ist, dass sich in beiden Studien unter Verwendung von Fluoroskopie ähnliche klinische Erfolgsraten ergeben.

Zu beachten ist, dass die Faktoren Stanzlänge, Nadellänge, Blutgerinnungsstörung und Zugang durch ein Organ bei der Analyse der p-Werte einen signifikanten Einfluss auf den klinischen Erfolg bei Pankreasbiopsien zeigen. Möglicherweise führt eine größere Stanzlänge zu mehr histologisch auswertbarem Material und damit zur klinischen Diagnose. Beim Faktor Blutgerinnungsstörung unterscheiden sich die Gruppen in der Fallzahl stark, mit möglichem Einfluss auf die Auswertung (63 ohne vs. 1 mit Blutgerinnungsstörung vs. 3 ohne Angabe. Bei Zugang durch ein Organ waren 95,7% klinisch erfolgreich, ohne Zugang durch ein Organ nur 75% (Fallzahlen 23 vs. 44). Es könnte sein, dass eine gezieltere Biopsie der Läsion bei einem Zugang durch ein Organ möglich ist. Zudem wurde versucht mehrere Proben zu akquirieren, wenn die Läsion eine anatomisch diffizile Lage hatte. Bei der Entnahme von 1-3 Proben waren 80% klinisch erfolgreich, bei der Entnahme von 4-6 Proben 50% (Fallzahlen 48 vs. 4). In der Literatur wird eine singuläre Probe als Risikofaktor für den klinischen Erfolg beschrieben (81, 82).

7.1.3 Niere

Diese Studie wies mit 42 klinisch erfolgreichen und 13 klinisch nicht erfolgreichen Biopsien eine klinische Erfolgsrate von 76,4% auf. Der klinische Erfolg von diagnostischen Biopsien der Nieren in der Literatur weist Werte im Bereich von 77 bis 93,7% auf (83-86); ((77% (83); 85,3% (85); 92,8% (84); 93,7% (86)). Bei den Studien handelte es sich um sonographische und rein CT-gesteuerte Biopsien sowie deren Kombination.

Kroeze et al. beschrieben eine technische Durchführbarkeit der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Kernnadelbiopsien der Nieren von 77% mit der Echtzeit-Methode (83). Die technische Durchführbarkeit war als Gewinnung von ausreichend Gewebematerial und einem mit der Bildgebung korrelierenden histologischen Ergebnis definiert. Dies deckt sich mit unserem klinischen Erfolg von

76,4%. Interessant ist, dass Kroeze et al. mit einem Patientenkollektiv von 13 Personen auf eine sehr ähnliche klinische Erfolgsrate kommen (83). Das Patientenkollektiv war in unserer Studie mit 55 Personen deutlich größer. In unserer Studie wurden neben der häufigsten Lagerung in Bauchlage auch Biopsien in Rücken-, Rechts- und Linksseitenlage angewandt während bei Kroeze et al. nur Biopsien in Bauchlage durchgeführt wurden. Zu berücksichtigen ist, dass sich die Lagerung des Patienten in der Analyse der p-Werte und univariaten Analyse nicht als signifikanter Faktor des klinischen Erfolgs zeigt. Gemeinsamkeiten der Studien liegen in der überwiegenden Verwendung von 18 Gauge Nadeln, der medianen Anzahl von zwei Proben und der medianen Tumorgröße (2,6cm (83) vs. 3cm). Die Tumorgröße zeigt sich in der Analyse der p-Werte als signifikanter Faktor. Die Tumorgröße als Einflussfaktor auf den klinischen Erfolg bestätigt sich in der Literatur. Iguchi et al. konnten zeigen, dass bei Nierenläsionen eine kleine Tumorgröße ($\leq 1,5\text{cm}$) einen Risikofaktor für einen Misserfolg darstellt (86). Entsprechend stellten Leveridge et al. bei einer multivariaten Analyse zu Nierenbiopsien fest, dass eine größere Tumorerkrankung in der Bildgebung eine erfolgreiche Biopsie vorhersagt (87).

Schmidbauer et al. erreichten bei CT-Fluoroskopie-gesteuerten Kernbiopsien von Nierenraumforderungen eine Sensitivität für Nierenzellkarzinome von 93,5% (88). In 91% der Kernbiopsien konnte der histologische Subtyp bestimmt werden (88). Für die klinische Erfolgsrate der Nierenbiopsien unserer Studie von 76,4% liegt dagegen kein vergleichbarer Wert vor, da eine histologische Subtypbestimmung nicht einer allgemeinen histologischen Auswertung möglicher Pathologien entspricht. Schmidbauer et al. bezogen sich auf die Diagnostik von Nierenzellkarzinomen, während in unserer Studie auch andere histologische Raumforderungen berücksichtigt wurden. In beiden Studien wurde die CT-Fluoroskopie als diagnostisches Mittel verwendet.

Sofikerim et al. konnten bei Sonographie gesteuerten Biopsien in 39/42 Fällen nach der ersten Biopsie eine Diagnose stellen, was einem klinischen Erfolg von 92,8% entsprach (84). Interessant für die Diskrepanz ist, dass die Genauigkeit der Histopathologie gegenüber den Ergebnissen der postoperativen Untersuchung 77,5% (31/40 Fällen) beträgt (84). Dies könnte dem klinischen Erfolg von 76,4% entsprechen. Das Patientenkollektiv von 42 und die überwiegende Verwendung von 18 Gauge Nadeln sind ähnlich zu unserer Studie (84). Ein deutlicher Unterschied ist die mittlere Tumorgröße von 6,4cm (84). Die mediane Tumorgröße in unserer Studie liegt mit 3cm fast bei der Hälfte. Kleinere Läsionen der Niere können schwierig zu visualisieren sein (88-90), da die Nadel den Tumor verschieben kann anstatt einzudringen (89). Unsere Studie und die Literatur zeigen die Tumorgröße als Einflussfaktor auf den klinischen Erfolg bei Nierenbiopsien (86, 87). Bei vorliegendem Größenunterschied der Läsionen relativiert dies die verglichenen Erfolgsraten beider Studien. Zudem kann in der Sonographie bei Isoechogenität oder Nachbarstrukturen die Läsion nicht abgrenzbar sein

(88, 90). Dieser Nachteil der Sonographie zeigt einen Vorteile der CT-Fluoroskopie trotz Strahlenbelastung (47).

Die Art der Planungs-CT, das Vorliegen einer Blutgerinnungsstörung, die Interventionsdauer und die Nadellänge sind signifikante Faktoren auf den klinischen Erfolg bei Nierenbiopsien. In uni- und multivariater Regressionsanalyse bestätigt sich die Art der Planungs-CT. Die präinterventionelle Verwendung von Kontrastmittel bei Nierenbiopsien hatte eine 7,3-fache Wahrscheinlichkeit auf klinischen Erfolg im Vergleich zu nativer Methode. Bei der Unterscheidung von soliden und zystischen Läsionen der Nieren spielt die Verwendung von Kontrastmittel eine entscheidende diagnostische Rolle (91, 92). In der Literatur wird ein solider Tumor bei Nierenläsionen als Faktor für eine erfolgreiche Biopsie genannt (87). Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen der Verwendung von Kontrastmittel und klinischem Erfolg, da durch Kontrastmittel der Tumor als zystisch oder solide eingeschätzt werden kann.

7.1.4 Sonstige Organe im Abdomen

Diese Studie wies mit 512 klinisch erfolgreichen und 88 klinisch nicht erfolgreichen Biopsien eine klinische Erfolgsrate von 85,3% auf. Die klinische Erfolgsrate von Biopsien der Nebennieren allein lag bei 75%. Für die geringere klinische Erfolgsrate ist möglicherweise die kleine Fallzahl von 16 ursächlich. Es fällt auf, dass Erfolgsrate und andere Charakteristika der Biopsien je nach Lokalisation, der großzügig zusammengefassten anatomischen Bereiche sonstiger Organe im Abdomen variieren. Zunächst erscheint die gesamte Erfolgsrate mit 85,3% im Vergleich zu Werten der Literatur hinsichtlich CT-Fluoroskopie mit dort 96-100% geringer (61, 93). Dies kann durch die unterschiedlichen Studiendesigns und Lokalisationen im Abdomen erklärt werden.

Schaefer et al. konnte bei einer Studie mit 50 Fällen in 96% eine definitive histopathologische Diagnose stellen (93). Der klinische Erfolg unserer Studie ist dagegen geringer. Eine Ursache für diesen Unterschied können die divergierenden Fallzahlen sein. Die hohe Fallzahl von 600 in unserer Studie verleiht größere Power. Die mittlere Tischzeit lag bei 23,8 Minuten (93). Die mittlere Interventionsdauer unserer Studie lag bei 28,2 Minuten. Auch dies könnte den unterschiedlichen klinischen Erfolg erklären, da die Läsionen in unserer Studie möglicherweise anatomisch schwieriger zu erreichen waren. Die Interventionszeit hat jedoch keinen signifikanten Einfluss auf den klinischen Erfolg. Bei Schaefer et al. wurden höher gelegene abdominale und pulmonale Läsionen mit CT-Fluoroskopie biopsiert (93). Dies ist ein wesentlicher Unterschied der Studien, denn nur 20,2% der 600 Biopsien sonstiger Organe im Abdomen befanden sich im oberen Abdominalbereich, pulmonale Biopsien wurden in unserer Studie generell ausgeschlossen.

Silverman et al. zeigten eine Erfolgsrate von CT-Fluoroskopie-gesteuerter Nadelaspiration und Katheterdrainage im Abdomen von 100% (61). Die Studien sind eingeschränkt vergleichbar, da in unserer Studie Biopsien und nicht primär Nadelaspirationen und Katheterdrainagen durchgeführt wurden. Bei Silverman et al. wurden 143 Biopsien in Abdomen und Becken durchgeführt (61). In unserer Studie wurden 33,8% der Biopsien im unteren Abdominalbereich und kleinen Becken sowie 20,2% im oberen Abdominalbereich durchgeführt wurden. Die Studien sind in ihrer Lokalisation vergleichbar. Der negativ prädiktive Wert von 86% deutet an, dass die Rate an diagnostisch erfolgreichen Biopsien geringer zu sein scheint als die Erfolgsrate von 100%. Demnach könnte die Erfolgsrate mit der Definition unseres technischen Erfolgs vergleichbar sein, der mit einem Wert von 99,6% Silverman et al. entsprechen würde. Für den klinischen Erfolg gibt es keinen direkten Vergleichswert.

Das Auftreten von Komplikationen hat in den drei statistischen Analysen unserer Studie einen signifikanten Einfluss auf die klinische Erfolgsrate bei Biopsien im Abdomen. Bei Auftreten einer Komplikation war die Wahrscheinlichkeit auf klinischen Erfolg 0,4-fach geringer als bei Intervention ohne Komplikation. Ursächlich hierfür könnte ein verfrühter, komplikationsbedingter Abbruch der Intervention sein. Zudem ist denkbar, dass bei anatomisch schwierig gelegenen Läsionen Strukturen leichter verletzt wurden und es damit leichter zu Komplikationen kam. Auch die Stanzlänge ist ein signifikanter Faktor für den klinischen Erfolg bei Abdomenbiopsien. Interessant ist, dass die Stanzlänge auch bei Pankreasbiopsien einen signifikanten Faktor für den klinischen Erfolg darstellt. Es könnte sein, dass bei größerer Stanzlänge mehr Gewebe akquiriert werden kann und damit mehr histologisches Material zur Diagnosestellung vorliegt. Insgesamt verdeutlichen die Studien, dass CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien im Abdomen ein zuverlässiges Mittel zur Gewinnung von histologischem Gewebe sind.

7.2 Komplikationsrate und Einflussfaktoren

7.2.1 Leber

In 89,3% der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien traten keine Komplikationen auf. Minorkomplikationen gab es in 7,9%, Majorkomplikationen in 2,1%. Das Procedere der Intervention wurde in 78,9% konservativ gelöst, ansonsten wurden Bluttransfusionen, minimalinvasives Verfahren, Angiographie oder chirurgisches Vorgehen benötigt. Trotz der hohen Rate an Biopsien ohne Komplikationen starb ein Patient durch die Intervention. Der Patient verstarb durch eine interventionsbedingte Blutung, die aufgrund eines Gerinnungsversagens bei bekannter Leberzirrhose nicht gestillt werden konnte. Interessant ist, dass die Blutungsgefahr bei Vorliegen einer Leberzirrhose oder eines hepatozellulären Karzinoms erhöht ist (94). Blutungen waren in unserer Studie die häufigsten Komplikationen, eine Leberzirrhose lag in 16,1% vor. Strobel et al. zeigten eine Leberzirrhose bei Ultraschall gesteuerten Biopsien im Abdomen jedoch nicht als Risikofaktor für Majorblutungen (95).

Bei der Studie zu perkutanen CT-gesteuerten Biopsien von Haage et al. lag die gesamte Komplikationsrate bei 1,5% (4/272 Biopsien) (75). Eine Komplikation wurde durch eine 18 Gauge, drei durch eine 14 Gauge Nadel verursacht, sodass zwei Pneumothoraces und ein subkapsuläres Hämatom entstanden (75). Es wurde in 37,1% der Fälle eine 14 Gauge, in 62,9% eine 18 Gauge Nadel verwendet (75). Eine 18 Gauge Nadel wurde in unserer Studie nur in 33,4% verwendet. Bei Haage et al. wurde keine chirurgische Intervention benötigt, allerdings ein Heimlich-Ventil bei symptomatischem Pneumothorax und ein Hämostypikum bei ausgeprägter Blutung (75). Diese Komplikationen mit therapeutischem Handlungsbedarf entsprechen der Definition von Majorkomplikationen. Demnach ist die gesamte Komplikationsrate von Haage et al. mit 1,5% etwa vergleichbar mit der Majorkomplikationsrate von 2,1% unserer Studie. Interessant ist, dass in unserer Studie alle Majorkomplikationen der Leber mit einem Blutungsgeschehen assoziiert sind. Je nach Blutung benötigte es meist eine Bluttransfusion oder Angiographie mit Coiling, nur in wenigen Fällen eine Operation. Für die zusätzlich erfassten Minorkomplikationen unserer Studie liegt kein Vergleichswert vor.

Bei der Studie von Chi et al. wurden 1.806 Ultraschall gesteuerte perkutane Biopsien durchgeführt (96). Als Komplikationen traten insbesondere Schmerzen und Blutungen, aber auch vasovagale Synkopen, Hämato- und Pneumothoraces, Hämobilie oder Sepsis auf (96). Auch in unserer Studie traten vor allem Blutungskomplikationen (91,2%), nur in wenigen Fällen ein Pneumothorax auf. Die gesamte Komplikationsrate lag mit 5,6% tiefer (96). Eine Ursache hierfür könnte sein, dass die Minorkomplikationsrate unserer Studie von 7,9% relativ hoch lag, da auch Hämoglobinveränderungen

mit Kontrollmessungen oder geringe Hämatome eingeschlossen wurden. Die Majorkomplikationsrate von 2,1% ist mit der Studie von Chi et al. vergleichbar. Hier lag die Rate ernster Komplikationen bei 1,7%. (96). Auch bei Chi et al. verstarb ein Patient (0,06%) infolge der Leberbiopsie durch eine Blutung mit hämodynamischer Instabilität bei gleichzeitigem Verdacht auf eine Graft-versus-Host-Reaktion (96). Im Unterschied dazu verstarb der Patient in unserer Studie infolge der Leberbiopsie durch eine Blutung aufgrund eines Gerinnungsversagen bei bekannter Leberzirrhose. Obwohl sich die Studien im Verfahren Sonographie vs. CT-Fluoroskopie unterscheiden, zeigen sie mit jeweils großer Kohorte vergleichbare Ergebnisse. Interessant ist, dass Chi et al. das weibliche Geschlecht und zusätzliche Biopsiedurchgänge als Risikofaktor für Komplikationen zeigten (96). Konkret wurde berichtet, dass die Entnahme von drei oder mehr Biopsiedurchgängen im Vergleich zu einer das Risiko erhöhten, bei zwei Durchgängen im Vergleich zu einer lag kein erhöhtes Risiko vor (96). Ursächlich könnte sein, dass mehrere Biopsiedurchgänge die Invasivität erhöhen (96). Zu beachten ist, dass das Risiko für schwere Komplikationen durch das weibliche Geschlecht, eine Malignität der Leber und einen $\text{INR} \geq 1,4$ signifikant beeinflusst wird (96). Das erhöhte Risiko für Blutungen bei Malignität könnte an einer Hypervaskularisation maligner Läsionen und einhergehender Neigung zu Blutungen liegen (96, 97). Ein erhöhter INR und die Einnahme von Medikamenten mit Einfluss auf die Thrombozytenfunktion oder Gerinnung erhöhen das Risiko für Blutungen (95). Das weibliche Geschlecht ist für allgemeine und ernste Komplikationen ein Risikofaktor (96). Eine mögliche Erklärung ist, dass Schmerz nach Leberbiopsie bei Frauen häufiger berichtet wurde als bei Männern (98, 99). Der Faktor Geschlecht ist in unserer Studie kein signifikanter Faktor. Dafür ist die Erfahrung des Radiologen in uni- und multivariater Regressionsanalyse statistisch signifikant. Die Wahrscheinlichkeit auf Komplikationen war 0,5-fach geringer, wenn ein Facharzt die Intervention durchführt. Eine gezielte Schulung der Assistenzärzte an Simulationsmodellen könnte die Komplikationsrate bei Assistenzärzten verbessern. Auch die Lokalisation der Pathologie zeigt sich in uni- und multivariater Regressionsanalyse statistisch signifikant. Die Wahrscheinlichkeit auf Komplikationen im linken Leberlappen war 0,4-fach geringer. Möglicherweise werden aufgrund der anatomischen Lage bei Biopsien im rechten Leberlappen Blutgefäße leichter durch die Biopsienadel verletzt als im linken Lappen. Insgesamt werden nämlich 91,2% der Komplikationen bei Leberbiopsien mit einem Blutungsgeschehen assoziiert.

7.2.2 Pankreas

In 80,6% der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien traten keine Komplikationen auf. Minorkomplikationen gab es in 14,9%, Majorkomplikationen in 3%. Alle Minorkomplikationen konnten konservativ, die zwei Majorkomplikationen mit Angiographie bzw. minimalinvasivem Verfahren behandelt werden.

In der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Studie von Zech et al. wurden bei einer zu unserer Studie vergleichbaren Fallzahl von 63 Biopsien in 15,9% (10 Fälle) Minorkomplikationen ohne klinische und therapeutische Relevanz detektiert (79). Die Minorkomplikationsraten der Studien decken sich (15,9% vs. 14,9%). Bei einem Patienten (1,6%) entwickelte sich eine akute Pankreatitis mit abdominellen Schmerzen und notfallmäßiger Laparotomie (79). Ein operativer Eingriff wurde hingegen in unserer Studie nicht benötigt, meist reichte sogar ein konservatives Vorgehen. Als Majorkomplikation trat in unserer Studie keine Pankreatitis auf, sondern ein Pneumothorax und eine Blutung. In beiden Studien verstarb kein Patient durch die Intervention (79). Das vergleichbare und geringe Risikoprofil beider Studien zeigt CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien als sicheres Diagnostikum.

Tyng et al. führten eine Studie zu konventionell CT-gesteuerten Biopsien durch (78). Hier gab es im Gegensatz zu unserer Studie keine Majorkomplikationen (78). Die zwei Majorkomplikationen unserer Studie benötigten kein operatives Vorgehen, es reichte sogar eine bildgebende Kontrolle. Milde bis moderate Komplikationen wie Hämatome, Blutungen oder Pankreatitiden traten bei Tyng et al. in 9/103 Biopsien (8,7%) auf und benötigten keine Behandlung (78). Pankreatitiden traten in unserer Studie nicht auf. Interessant ist, dass in unserer Studie 75% der Komplikationen mit Blutungen assoziiert sind. Ansonsten traten lediglich Schmerzen oder zwei Pneumothoraces auf. Eine Ursache für die etwas höhere Komplikationsrate unserer Studie könnte sein, dass auch kleine Blutungen erfasst und eingeschlossen wurden. Zudem wurde in 34,3% der Zugang durch ein Organ gewählt. Bei Tyng et al. wurde nur in 4,8% transhepatisch oder transgastrisch biopsiert, in 22,2% eine Hydrodissektion bzw. Pneumodissektion genutzt (78). Der Zugang durch ein Organ könnte die Invasivität des Eingriffs und das Risiko für Komplikationen erhöhen. Eine Senkung der Komplikationsrate unserer Studie wäre bei höherem Anteil an Fachärzten als 56,7% denkbar. Allerdings zeigte die univariate Analyse die Erfahrung des Radiologen nicht als signifikanten Faktor der Komplikationsrate. Die Supervision der Assistenzärzte durch Fachärzte hatte möglicherweise positiven Einfluss. Die univariaten Analyse ergab keine signifikanten Faktoren der Komplikationsrate bei Pankreasbiopsien. Eine Ursache ist, dass die geringeren Fallzahlen im Abschnitt Pankreas die statistische Auswertung eingeschränkten.

Amin et al. berichteten in ihrer Studie mit einem Patientenkollektiv von 372 eine Komplikationsrate von 4,6% bei überwiegend Sonographie, aber auch CT-gesteuerten Pankreasbiopsien. In 1% traten Majorkomplikationen wie Abszess, duodenale Perforation oder eine größere retroperitoneale Blutung auf (100). Die Komplikationsraten unserer Studie liegen etwas höher. Auch hier ist möglich, dass die Komplikationsrate unserer Studie durch Einschluss von kleinen Blutungen höher liegt. Blutungen sind mit 75% die häufigsten Komplikationen bei Pankreasbiopsien.

7.2.3 Niere

In 50,9% der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien traten keine Komplikationen auf. Es gab 49,1% Minor komplikationen, keine Major komplikationen. Unsere Studie stimmt mit der Literatur überein, dass schwerwiegende Komplikationen bei Biopsien der Nieren sehr selten sind (86, 101). Interessant ist, dass 92,6% Blutungskomplikationen und nur 7,4% Pneumothoraces waren. Die Literatur bestätigt, dass Blutungen vermehrt auftreten (86, 87, 102, 103). Diese sind häufig selbstlimitierend (104) und selten klinisch signifikant (104, 105). Auch dies belegt unsere Studie, denn alle Komplikationen konnten konservativ behandelt werden.

Verglichen mit der Komplikationsrate der anderen untersuchten Organe im Abdomen erscheint die Minor komplikationsrate bei Nieren zunächst hoch. Im Vergleich zur Literatur wie der Studie von Iguchi et al. zu CT-fluoroskopischen Biopsien der Nieren ist die Komplikationsrate jedoch leicht geringer. Hier lag eine Komplikationsrate von 53,9% bei 217 Interventionen vor (86). Die Komplikationen waren 117 Blutungen ersten Grades und zwei Pneumothoraces (86). Wie in unserer Studie traten auch hier überwiegend Blutungskomplikationen auf.

Im Vergleich zu anderen Lokalisationen im Abdomen ist zudem interessant, dass in einer großen Studie zu Sonographie gesteuerten Interventionen große Blutungen häufiger in Biopsien bei Niere, Milz oder Pankreas als in der Leber auftraten (95). Große Blutungen bei Nierenbiopsien konnten in unserer Studie vermieden werden. Auch bei Neuzillet et al. wurde kein chirurgisches Procedere durch Komplikation oder Infektion nach der Biopsie berichtet (89). Hier wurden CT-gesteuerte Feinnadelpunktionen kleiner Nierenläsionen durchgeführt (89). Das Auftreten von klinischen Hämatomen, behandlungsbedürftigen Schmerzen oder Tumorstreueung wurde verneint (61). Kleine Hämatome wurden in unserer Studie auch erfasst. Ein Unterschied ist, dass in unserer Studie Stanzbiopsien und nicht rein Feinnadelbiopsien durchgeführt wurden.

In einer Studie von Seager et al. zur Biopsie von Nierenläsionen mit Bildführung durch Sonographie oder klassischer Computertomographie traten in 13,6% Komplikationen auf (85). Alle Komplikationen waren kleine perinephrische Hämatome und wurden konservativ behandelt (85). Weder die Größe der Nierenläsion, die anatomische Lokalisation noch die Nadelgröße hatten Einfluss auf die Komplikationsrate (85). Auch unsere Studie zeigte keine Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate. Weder Geschlecht, Lokalisation der Pathologie, Lagerung, Planungs-CT noch die Erfahrung des Radiologen sind signifikant.

7.2.4 Sonstige Organe im Abdomen

In 91,7% der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien sonstiger Organe im Abdomen traten keine Komplikationen auf. Minor komplikationen gab es in 6%, Major komplikationen in 1,2%. Die

Minorkomplikationsraten der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien unserer Studie lagen im Bereich von 6%-49,1% (Abdomen 6%, Leber 7,9%, Pankreas 14,9% und Nieren 49,1%). Die Majorkomplikationsraten waren im Bereich von 0%-3% (Nieren keine, Abdomen 1,2%, Leber 2,1%, Pankreas 3%). Bedeutend für die Sicherheit CT-Fluoroskopie-gesteuerter Biopsien ist, dass in allen Bereichen seltener Major- als Minorkomplikationen auftreten. Interessant ist, dass jeweils Minor- und Majorkomplikationsraten der unterschiedlichen anatomischen Bereiche vergleichbar sind. Ursächlich für die relativ hohe Rate an Minorkomplikationen der Nieren könnte wie oben genannt sein, dass Blutungen vermehrt auftreten (86, 87, 102, 103). Möglicherweise hatte dies auch einen Effekt auf die vergleichsweise hohe Komplikationsrate der reinen Nebennierenbiopsien von 31,3%.

In der Studie von Silverman et al. zu CT-konventionell und -fluoroskopisch gesteuerten Interventionen im Abdomen und Becken traten keine signifikanten Komplikationen auf (61). Es gab wenige selbstlimitierende Hämatome und eine vasovagale Reaktion (61). Ähnlich zu diesen Ergebnissen gab es auch in unserer Studie meist (91,7%) keine Komplikation. Bei Silverman et al. wurden 61 Biopsien, 13 Flüssigkeitsaspirationen und 21 Katheterdrainagen CT-fluoroskopisch durchgeführt (61). Die reine Drainageanlage war hingegen in unserer Studie ausgeschlossen. Ein weiterer Unterschied bzw. Vorteil unserer Studie ist, dass eine sehr große Kohorte von 600 Biopsien vorliegt.

Schaefer et al. berichteten eine Komplikationsrate von 29% (15/52 Biopsien) in CT-fluoroskopischen Interventionen in Lunge und oberem Abdominalbereich (93). Es traten 32% (14/43 Biopsien) in der Lunge, 11% (1/9 Biopsien) im oberen Abdominalbereich und keine Majorkomplikationen auf (93). Die Komplikationsrate im oberen Abdominalbereich liegt etwas höher als die Minorkomplikationsrate unserer Studie (11% vs. 6%). Die hohe Fallzahl von 600 vs. 9 Biopsien bei Schaefer et al. im Abdominalbereich zeigt die Power unserer Studie.

In einer großen, prospektiven multizentrischen Studie von Strobel et al. wurden 8.172 sonographisch gesteuerte Biopsien im Abdomen analysiert (95). Ähnlich zu unserer Studie fanden die meisten Biopsien in Leber, Pankreas und Nieren statt, Biopsien in Lymphknoten, Milz, Nebennieren und anderen intraabdominellen Bereichen wurden auch durchgeführt (95). Die Rate an Majorblutungskomplikationen lag bei 0,43% (95). In 0,1% wurde ein chirurgisches Vorgehen benötigt, in 0,05% ein radiologisches Coiling (95). Die Majorkomplikationsrate unserer Studie liegt mit 1,2% etwas höher, allerdings wurden in unserer Studie neben Blutungen auch andere Komplikationen wie z.B. Pneumothorax, Darmperforation oder Dysästhesie erfasst. In unserer Studie konnte in 2,3% angiographisch, im Gegensatz zu Strobel et al. musste nicht operativ vorgegangen werden. Bei Strobel et al. zeigte sich kein signifikanter Einfluss auf Majorblutungskomplikationen hinsichtlich Nadeldurchmesser, Anzahl der Nadelpassagen und Entfernung zur Läsion (95). Zu beachten ist, dass die univariate Analyse unserer Studie die Länge des Stichkanals als signifikanten Faktor der

Komplikationsrate im Abdomen ergibt. Bei einem Stichkanal >8cm lag eine 2,3-fache Wahrscheinlichkeit für eine Komplikation vor im Vergleich zu einem Stichkanal <8cm. Als Ursache ist eine vermehrte Verletzung anatomischer Strukturen bei längerem Stichkanal denkbar.

Auch die Faktoren Lagerung des Patienten, Zugangsweg und Zugang durch ein Organ sind in der univariaten Analyse statistisch signifikant, letzterer sogar in der multivariaten Analyse. Bei der Wahl eines dorsalen Zugangs war die Wahrscheinlichkeit für eine Komplikation 4,6-fach erhöht im Vergleich zum ventralen Zugang. Die Fallzahlen von dorsalem (n=242) und ventralem (n=215) Zugang sind vergleichbar. Womöglich liegt bei der Wahl eines dorsalen Zugangs durch die anatomische Lage der Blutgefäße im retroperitonealen Raum eine erhöhte Verletzungsgefahr vor. 2/7 Majorkomplikationen im Abdomen waren blutungsassoziiert. Bei der Wahl eines Zugangs durch ein Organ war die Wahrscheinlichkeit auf Komplikationen in der univariaten Analyse 6,8-fach erhöht. Die Gruppen waren mit (n=35) und ohne (n=544) Zugang durch ein Organ weniger homogen. In den meisten Fällen (n=14) wurde ein Zugang durch die Leber gewählt, was jedoch keine Signifikanz beweist. Mögliche Komplikationen bei Leberbiopsien sind intraperitoneale Blutungen, Hämatome, Bakteriämie, gallige Peritonitis, Hämato- und Pneumothorax, Stichkanal- und Implantationsmetastasen sowie die Verletzung anderer Organe (94). Das Risiko für Komplikationen könnte bei einem Zugang durch die Leber begünstigt werden.

7.3 Strahlenbelastung

	Fallzahl	DLP Fluoro (mGy*cm)	DLP Gesamt (mGy*cm)	effektive Dosis (mSv)
Leber	570	46,4 (± 46,0)	622,7 (± 555,3)	9,3 (± 8,3)
Niere	55	37,3 (± 22,9)	728,1 (± 393,9)	10,6 (± 6,2)
Abdomen	600	40,9 (± 39,0)	721,7 (± 463,2)	10,4 (± 7,2)
Pankreas	67	53,6 (± 49,5)	746,6 (± 441,2)	11,1 (± 6,8)

Tabelle 83. Mittelwerte von Dosislängenprodukt und effektiver Dosis.

Wie die Tabelle zeigt, sind Dosislängenprodukt und effektive Dosis in den untersuchten Bereichen sehr vergleichbar. Abgesehen von den kleineren Fallzahlen bei Niere und Pankreas sind die hohen Fallzahlen in Leber und Abdomen eine Stärke der Studie.

In der Literatur berichteten Kloeckner et al. bei CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien der Leber, des Retroperitoneums (Pankreasbiopsien inkludierend) und (supra-)renalen Biopsien ein mittleres DLP der Fluoroskopie von 136mGy*cm; 108mGy*cm; 66mGy*cm und ein mittleres Gesamt-DLP von 848mGy*cm; 889mGy*cm; 769mGy*cm (106). Die entsprechenden Werte des DLP unserer Studie sind geringer. Bei Kloeckner et al. wurden 82% der Biopsien mit kontinuierlicher, 18% mit Single-Slice-Fluoroskopie durchgeführt (106). Die Verwendung der Single-Slice bzw. quick check Fluoroskopie kann die Strahlendosis reduzieren (61, 106). Ursächlich für die geringere Strahlenbelastung unserer Studie könnte sein, dass überwiegend die quick check Methode verwendet wurde.

Bei Carlson et al. wurde das CT-fluoroskopische mit dem -konventionellen Verfahren verglichen und ein Median von 772mGy (Fallzahl 69) bei konventionellem und 41mGy (Fallzahl 146) bei fluoroskopischer Biopsie festgestellt (60). Auch hier wurde überwiegend die intermittierende Fluoroskopie verwendet (60). Die Energiedosis ist beim CT-fluoroskopischen Verfahren deutlich geringer als beim CT-konventionellen. Dies zeigt einen der großen Vorteile der CT-Fluoroskopie im Vergleich zur konventionellen Methode. Die Energiedosis (mGy) entspricht nicht Dosislängenprodukt (mGy*cm) oder effektiver Dosis (mSv) und kann daher nicht mit den Ergebnissen unserer Studie verglichen werden.

Tsalafoutas et al. berichteten bei CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien (14 Fälle) ein DLP von 1.418 (± 591)mGy*cm sowie eine effektive Dosis von 25 (± 11)mSv (107). Sowohl DLP als auch effektive Dosis lagen über den Werten unserer Studie. 63% der effektiven Dosis entstanden durch die diagnostischen Scans vor der Intervention (107). Eine Ursache für die geringere Strahlenbelastung unserer Studie könnte sein, dass der Darstellungsbereich in präinterventionellen Scans sehr präzise ausgewählt wurde. Für eine optimale Auswahl des Bereichs wurde sich an bestehenden Voraufnahmen orientiert. Die höhere Fallzahl unserer Studie bekräftigt die geringeren Werte von DLP und effektiver Dosis.

Im Vergleich zur Literatur zeigt sich in unserer Studie eine optimierte Strahlenbelastung. Ursachen hierfür sind multipel. Wenn möglich wurden geringe Röhrenspannung und Röhrenstrom eingesetzt, da sich die Dosis durch Reduktion von Röhrenspannung und Röhrenstrom verringern lässt (58). Es wurde versucht ein dadurch erhöhtes Bildrauschen durch qualitative Voraufnahmen und präinterventionellen Scan auszugleichen. Der präinterventionelle Scan wurde meist mit Kontrastmittel durchgeführt (Leber 57,4%, Pankreas 86,6%, Niere 47,3%, Abdomen 57,8%), sodass eine gute Darstellung der anatomischen Strukturen vorlag. Der Fokus des präinterventionellen Scans auf den interessierenden Bereich, könnte die Strahlenbelastung verringert haben. Denn die Eingrenzung des präinterventionellen CT-Scans auf den wesentlichen Bereich oder der Verzicht eines Kontrollscans bei unkomplizierten Biopsien beispielsweise bei Kindern und Jugendlichen ohne postinterventionelle Symptomatik sind Möglichkeiten der Strahlenoptimierung (106). Auf den Kontrollscan wurde in unserer Studie zur Patientensicherheit nicht verzichtet. Die relativ hohe Rate an Fachärzten und die Supervision der Assistenzärzte durch Fachärzte könnte weniger Bildgebung während der Biopsie und damit eine geringere Strahlenbelastung hervorgerufen haben. Auch die Verwendung von modernen Geräten, einem Online-Dosismodulationssystem und die relativ geringe und in allen Bereichen vergleichbare Interventionsdauer könnten zu einer reduzierten Strahlenbelastung geführt haben. Die Verwendung der quick check Fluoroskopie kann die Strahlendosis reduzieren (61, 106). Eine Reduktion ist zudem möglich, wenn die real time Fluoroskopie nur bei schwierigen Phasen der Biopsie oder diffizil zu erreichenden Läsionen verwendet wird (56, 60). Nur bei diesen Modalitäten wurde in unserer Studie zur real time Fluoroskopie gewechselt, ansonsten überwiegend die quick check Methode verwendet. Insgesamt zeigt die Analyse CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien als klinisches Diagnostikum mit optimierter Strahlenbelastung.

7.4 Limitationen

Eine Limitation dieser Studie ist das retrospektive, monozentrische Design. Die geringeren Fallzahlen in den Untergruppen der logistischen Regression sind nachteilig, da sie statistische Auswertungen verhinderten.

7.5 Ausblick

Die logistische Regression bei Biopsien der Leber zeigt, dass bei Assistenzärzten mehr Komplikationen auftreten als bei Fachärzten. Möglicherweise lässt sich durch ein gezieltes Training an Simulationsmodellen die Komplikationsrate optimieren. Die Studie liefert einen Neugewinn zu CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien im Abdomen im Hinblick auf Erfolgs- und Komplikationsrate und dessen Einflussfaktoren. Die Ergebnisse könnten durch prospektive und multizentrische Studien validiert werden. Die Studie liefert auch einen Neugewinn zur Strahlenbelastung bei CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien. Eine noch detailliertere Analyse der Strahlenbelastung könnte die Vergleichbarkeit der CT-Fluoroskopie mit anderen Verfahren der Gewebeentnahme erhöhen. Zudem könnten weitere Erkenntnisse gewonnen werden um die Strahlenbelastung zu minimieren. Auch robotergestützte CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien könnten die diagnostischen Möglichkeiten erweitern. Eine Evaluation der Ergebnisse unserer Studie im Hinblick auf Erfolgs- und Komplikationsrate, deren Einflussfaktoren und die Strahlenbelastung durch Forschung an anderen radiologischen Kliniken wäre für die Zukunft gewinnbringend.

8 Zusammenfassung

Bei unklaren Raumforderungen im Abdomen ist die CT-gesteuerte Biopsie, insbesondere die CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie eine geeignete Methode zur Gewinnung von Gewebeproben (53, 56, 60). Diese retrospektive, monozentrische Studie wurde durchgeführt um den technischen und klinischen Erfolg, die Art und Häufigkeit der Komplikationen, die Einflussfaktoren auf den klinischen Erfolg und die Komplikationsrate sowie die Strahlenbelastung der CT-Fluoroskopie-gesteuerten Biopsien zu evaluieren. Es wurden alle Patienten einbezogen, die im Zeitraum von Januar 2012 bis Dezember 2016 eine CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie im Abdomen am Institut für klinische Radiologie (seit 06/2017 Klinik und Poliklinik für Radiologie) am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München erhielten.

Insgesamt wurden 1.292 Biopsien bei 1.161 Patienten ausgewertet, davon 570 Biopsien der Leber, 67 des Pankreas, 55 der Nieren und 600 Biopsien im sonstigen Abdomen. Der technische Erfolg, d.h. eine erfolgreiche Gewebegewinnung, lag bei 99,6% in Leber-, 100% in Pankreas-, 96,4% in Nierenbiopsien und bei 98,6% im sonstigen Abdomen. Eine eindeutige histologische Auswertung mit konkreter Diagnose, also der klinische Erfolg lag bei 82,6% in der Leber, 82,1% im Pankreas, 76,4% in der Niere und 85,3% im sonstigen Abdomen. Statistisch signifikanten Einfluss auf die klinische Erfolgsrate hatten bei Leberbiopsien die Größe der Pathologie, bei Nierenbiopsien die Art der Planungs-CT und bei Biopsien sonstiger Organe im Abdomen das Auftreten von Komplikationen. Bei Pankreasbiopsien gab es keine zum klinischen Erfolg signifikant korrelierenden Faktoren.

Minorkomplikationen waren ohne Folgeerkrankung, Majorkomplikationen benötigten eine Therapie mit möglicherweise längerfristigen Folgen. Die Minorkomplikationsrate der Biopsien war mit 7,9% in Leber-, 14,9% in Pankreas-, 49,1% in Nierenbiopsien und 6% im sonstigen Abdomen tendenziell gering. Auch die Majorkomplikationsrate war in allen Organen gering (Leber 2,1%; Pankreas 3%; Niere keine; sonstiges Abdomen 1,2%). Statistisch signifikanten Einfluss auf die Komplikationsrate hatten bei Leberbiopsien die Erfahrung des Radiologen sowie die Lokalisation der Pathologie und bei Biopsien sonstiger Organe im Abdomen der Zugangsweg durch ein Organ. Bei Pankreas- und Nierenbiopsien gab es keinen signifikanten Faktor für das Auftreten von Komplikationen.

Die mittlere effektive Dosis der gesamten Intervention betrug bei Biopsien der Leber 9,3 ($\pm 8,3$)mSv, des Pankreas 11,1 ($\pm 6,8$)mSv, der Nieren 10,6 ($\pm 6,2$)mSv und des Abdomens 10,4 ($\pm 7,2$)mSv.

Technischer und klinischer Erfolg, Komplikationsrate sowie Strahlenbelastung waren in den unterschiedlichen Bereichen im Abdomen vergleichbar. Der hohe klinische Erfolg, die geringe Komplikationsrate und die reduzierte Strahlenbelastung zeigen CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsien als effektive Methode zur Gewebegewinnung und damit als relevantes medizinisches Diagnostikum.

9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen Menschen bedanken, die mich während der Erstellung meiner Dissertation unterstützten.

Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Jens Ricke für die Möglichkeit an der Klinik und Poliklinik für Radiologie am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München zu promovieren.

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Philipp Paprottka danke ich sehr für die vielseitige Unterstützung und das in mich gesetzte Vertrauen zur Promotion in der interventionellen Radiologie.

Bei Herrn PD Dr. med. Frederik Strobl bedanke ich mich vielmals für die Übernahme der Betreuung und die jederzeit schnelle und zielführende Unterstützung im Projekt. Ebenso großer Dank gilt Herrn PD Dr. med. Matthias Fabritius für die direkte Betreuung sowie die kompetente und motivierende Beratung bei allen Fragen.

Von ganzen Herzen bedanke ich mich bei meinen Eltern, Brüdern und Großeltern, die mich auf meinem Weg immer liebevoll begleiteten, bewegten und bestärkten.

Besonderer Dank gilt auch meinen Freunden und Kommilitonen für die vielfältigen und inspirierenden Gespräche sowie die unzähligen gemeinsamen Stunden in der Bibliothek.

10 Anhang

10.1 Votum der Ethikkommission

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie einer Leberläsion.	15
Abbildung 2. CT-Fluoroskopie-gesteuerte Biopsie einer Leberläsion.	17
Abbildung 3. gesamte Biopsien im Abdomen - Lokalisation der Pathologie.....	26
Abbildung 4. Leberbiopsien - Lokalisation der Pathologie.....	28
Abbildung 5. Leberbiopsien - Dosislängenprodukt.	32
Abbildung 6. Leberbiopsien - Komplikationsart.	33
Abbildung 7. Leberbiopsien - CT-Interventionsbilder einer 73-jährigen Patientin mit einer Leberläsion; die histologische Auswertung ergab ein wenig differenziertes Adenokarzinom als Metastase eines bekannten Pankreaskarzinoms.....	35
Abbildung 8. Leberbiopsien - Procedere bei Komplikation.....	36
Abbildung 9. Leberbiopsien - Klinischer Erfolg.....	39
Abbildung 10. Leberbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 57-jährigen Patienten mit einer Leberläsion; die histologische Auswertung ergab ein hepatozelluläres Karzinom und eine Leberzirrhose.....	39
Abbildung 11. Pankreasbiopsien - Dosislängenprodukt.....	50
Abbildung 12. Pankreasbiopsien - Komplikationsart.	51
Abbildung 13. Pankreasbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 76-jährigen Patienten mit einer Pankreasläsion; die histologische Auswertung ergab ein gut differenziertes duktales Adenokarzinom des Pankreas.....	52
Abbildung 14. Pankreasbiopsien - Procedere bei Komplikation.	53
Abbildung 15. Pankreasbiopsien - Klinischer Erfolg.....	55
Abbildung 16. Pankreasbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 71-jährigen Patienten mit einer Pankreasläsion; die histologische Auswertung ergab ein mäßig differenziertes duktales Adenokarzinom des Pankreas mit Metastasen in der Leber.	55
Abbildung 17. Nierenbiopsien - Lokalisation der Pathologie.....	61
Abbildung 18. Nierenbiopsien - Dosislängenprodukt.	65
Abbildung 19. Nierenbiopsien - Komplikationsart.....	66
Abbildung 20. Nierenbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 80-jährigen Patienten mit einer Nierenläsion; die histologische Auswertung ergab ein gut differenziertes klarzelliges Nierenzellkarzinom.....	67
Abbildung 21. Nierenbiopsien - Procedere bei Komplikationen.....	67
Abbildung 22. Nierenbiopsien - Klinischer Erfolg.....	69
Abbildung 23. Nierenbiopsien - CT-Interventionsbilder einer 65-jährigen Patientin mit einer Nierenläsion; die histologische Auswertung ergab ein malignes Non-Hodgkin-Lymphom der B-Zell-Reihe.....	69
Abbildung 24. Abdomenbiopsien - Lokalisation der Pathologie.	76
Abbildung 25. Abdomenbiopsien - Dosislängenprodukt.....	80
Abbildung 26. Abdomenbiopsien - Komplikationsart.	82
Abbildung 27. Abdomenbiopsien - CT-Interventionsbilder eines 83-jährigen Patienten mit unklarer Läsion des Abdomens; die histologische Auswertung zeigt ein Neurinom.	83
Abbildung 28. Abdomenbiopsien - Procedere bei Komplikation.	84
Abbildung 29. Abdomenbiopsien - Klinischer Erfolg.....	87
Abbildung 30. Abdomenbiopsien - CT-Interventionsbilder einer 59-jährigen Patientin mit unklarem retroperitonealem Lymphknotenbulk; die histologische Auswertung zeigt ein follikuläres Non-Hodgkin-Lymphom der B-Zell-Reihe.	87

10.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Leberbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.....	27
Tabelle 2. Leberbiopsien - Blutwerte.....	27
Tabelle 3. Leberbiopsien - relevante Erkrankungen.....	28
Tabelle 4. Leberbiopsien - Planungs-Computertomographie.....	29
Tabelle 5. Leberbiopsien - Narkose.....	29
Tabelle 6. Leberbiopsien - Lagerung des Patienten.....	29
Tabelle 7. Leberbiopsien - Nadelgröße.....	30
Tabelle 8. Leberbiopsien - Probenanzahl.....	30
Tabelle 9. Leberbiopsien - Zugangsweg.....	30
Tabelle 10. Leberbiopsien - Zugang durch ein Organ.....	31
Tabelle 11. Leberbiopsien - Erfahrung des Radiologen.....	31
Tabelle 12. Leberbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.....	32
Tabelle 13. Leberbiopsien - Überblick über die Komplikationen.....	33
Tabelle 14. Leberbiopsien - Überblick über die Majorkomplikationen.....	34
Tabelle 15. Leberbiopsien - Procedere bei Komplikation.....	36
Tabelle 16. Leberbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.....	38
Tabelle 17. Leberbiopsien - multivariate logistische Regression der Komplikationsrate.....	38
Tabelle 18. Leberbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.....	41
Tabelle 19. Leberbiopsien - p-Werte.....	42
Tabelle 20. Leberbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.....	44
Tabelle 21. Leberbiopsien - multivariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.....	44
Tabelle 22. Pankreasbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.....	45
Tabelle 23. Pankreasbiopsien - Blutwerte.....	45
Tabelle 24. Pankreasbiopsien - relevante Erkrankungen.....	46
Tabelle 25. Pankreasbiopsien - Planungs-Computertomographie.....	46
Tabelle 26. Pankreasbiopsien - Narkose.....	46
Tabelle 27. Pankreasbiopsien - Lagerung des Patienten.....	47
Tabelle 28. Pankreasbiopsien - Nadelgröße.....	47
Tabelle 29. Pankreasbiopsien - Probenanzahl.....	47
Tabelle 30. Pankreasbiopsien - Zugangsweg.....	48
Tabelle 31. Pankreasbiopsien - Zugang durch ein Organ.....	48
Tabelle 32. Pankreasbiopsien - Erfahrung des Radiologen.....	48
Tabelle 33. Pankreasbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.....	49
Tabelle 34. Pankreasbiopsien - Überblick über die Komplikationen.....	51
Tabelle 35. Pankreasbiopsien - Überblick über die Majorkomplikationen.....	52
Tabelle 36. Pankreasbiopsien - Procedere bei Komplikation.....	53
Tabelle 37. Pankreasbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.....	54
Tabelle 38. Pankreasbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.....	57
Tabelle 39. Pankreasbiopsien - p-Werte.....	58
Tabelle 40. Pankreasbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.....	59
Tabelle 41. Nierenbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.....	60
Tabelle 42. Nierenbiopsien - Blutwerte.....	60
Tabelle 43. Nierenbiopsien - relevante Erkrankungen.....	61
Tabelle 44. Nierenbiopsien - Planungs-Computertomographie.....	62
Tabelle 45. Nierenbiopsien - Narkose.....	62
Tabelle 46. Nierenbiopsien - Lagerung des Patienten.....	62
Tabelle 47. Nierenbiopsien - Nadelgröße.....	63
Tabelle 48. Nierenbiopsien - Probenanzahl.....	63
Tabelle 49. Nierenbiopsien - Zugangsweg.....	63
Tabelle 50. Nierenbiopsien - Zugang durch ein Organ.....	64
Tabelle 51. Nierenbiopsien - Erfahrung des Radiologen.....	64
Tabelle 52. Nierenbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.....	65
Tabelle 53. Nierenbiopsien - Überblick über die Komplikation.....	66
Tabelle 54. Nierenbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.....	68

Tabelle 55. Nierenbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.....	71
Tabelle 56. Nierenbiopsien - p-Werte.....	72
Tabelle 57. Nierenbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.....	73
Tabelle 58. Nierenbiopsien - multivariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.....	73
Tabelle 59. Abdomenbiopsien - Alter des Patientenkollektivs.....	74
Tabelle 60. Abdomenbiopsien - Blutwerte.....	74
Tabelle 61. Abdomenbiopsien - relevante Erkrankungen.....	75
Tabelle 62. Abdomenbiopsien - Lokalisation der Pathologie.....	75
Tabelle 63. Abdomenbiopsien - Planungs-Computertomographie.....	76
Tabelle 64. Abdomenbiopsien - Narkose.....	77
Tabelle 65. Abdomenbiopsien - Lagerung des Patienten.....	77
Tabelle 66. Abdomenbiopsien - Nadelgröße.....	77
Tabelle 67. Abdomenbiopsien - Probenanzahl.....	78
Tabelle 68. Abdomenbiopsien - Zugangsweg.....	78
Tabelle 69. Abdomenbiopsien - Zugang durch ein Organ.....	78
Tabelle 70. Abdomenbiopsien - Erfahrung des Radiologen.....	79
Tabelle 71. Abdomenbiopsien - weitere Charakteristika der Intervention.....	79
Tabelle 72. Abdomenbiopsien - Überblick über die Komplikationen.....	81
Tabelle 73. Abdomenbiopsien - Überblick über die Majorkomplikationen.....	82
Tabelle 74. Abdomenbiopsien - Procedere bei Komplikation.....	84
Tabelle 75. Abdomenbiopsien - univariate logistische Regression der Komplikationsrate.....	86
Tabelle 76. Abdomenbiopsien - multivariate logistische Regression der Komplikationsrate.....	86
Tabelle 77. Abdomenbiopsien - Klinischer Erfolg im Hinblick auf die einzelnen Variablen.....	89
Tabelle 78. Abdomenbiopsien - p-Werte.....	90
Tabelle 79. Abdomenbiopsien - univariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.....	92
Tabelle 80. Abdomenbiopsien - multivariate logistische Regression des klinischen Erfolgs.....	92
Tabelle 81. Einflussfaktoren auf die klinische Erfolgsrate.....	93
Tabelle 82. Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate.....	93
Tabelle 83. Mittelwerte von Dosislängenprodukt und effektiver Dosis.....	106

11 Eidesstattliche Erklärung

Walther, Viktoria Elisabeth

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

**Klinische Erfolgskontrolle
CT-Fluoroskopie-gesteuerter Biopsien im Abdomen**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Scherzingen, 27.07.2023

Ort, Datum

Viktoria Elisabeth Walther

Unterschrift

12 Lebenslauf

13 Literaturverzeichnis

1. Rothmund M, Klose K, editors. Intraabdominelle Raumforderungen. Aktuelle gastroenterologische Diagnostik; 1985 1985//; Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
2. Fornara P, Kawan F. Inzidentalom. In: Michel MS, Thüroff JW, Janetschek G, Wirth M, editors. Die Urologie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016. p. 181-2.
3. Wörns MA, Labenz C, Marquardt JU. Gutartige Lebertumoren. Der Gastroenterologe. 2016;11(5):349-58.
4. Dereskewitz C, Hertl M, Malago M, Testa G, Frilling A, Broelsch CE. Radiofrequenztherapie maligner Lebertumoren. In: Vogl TJ, Mack MG, Balzer JO, editors. LeberMetastasen: Diagnose — Intervention — Therapie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2002. p. 304-15.
5. Akinyemiju T, Abera S, Ahmed M, Alam N, Alemayohu MA, Allen C, et al. The Burden of Primary Liver Cancer and Underlying Etiologies From 1990 to 2015 at the Global, Regional, and National Level: Results From the Global Burden of Disease Study 2015. JAMA Oncol. 2017;3(12):1683-91.
6. Galle PR, Forner A, Llovet JM, Mazzaferro V, Piscaglia F, Raoul J-L, et al. EASL Clinical Practice Guidelines: Management of hepatocellular carcinoma. Journal of Hepatology. 2018;69(1):182-236.
7. Innere Medizin 2022. Herold G, editor. Köln: Gerd Herold; 2022.
8. White DL, Thrift AP, Kanwal F, Davila J, El-Serag HB. Incidence of Hepatocellular Carcinoma in All 50 United States, From 2000 Through 2012. Gastroenterology. 2017;152(4):812-20.e5.
9. Schönfeld I, Kraywinkel K. Epidemiologie des hepatozellulären Karzinoms in Deutschland. Der Onkologe. 2018;24(9):653-8.
10. Gao J, Xie L, Yang WS, Zhang W, Gao S, Wang J, et al. Risk factors of hepatocellular carcinoma--current status and perspectives. Asian Pacific journal of cancer prevention : APJCP. 2012;13(3):743-52.
11. Okuda H. Hepatocellular carcinoma development in cirrhosis. Best Pract Res Clin Gastroenterol. 2007;21(1):161-73.
12. Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF): Diagnostik und Therapie des Hepatozellulären Karzinoms und biliärer Karziome, Langversion 2.0, 2021, AWMF Registernummer: 032/053OL, <https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/hcc-und-billiäre-karzinome> (Zugriff am: 17.01.2022).
13. Schima W. MRI of the pancreas: tumours and tumour-simulating processes. Cancer Imaging. 2006;6(1):199-203.

14. Helmberger H. Exokrine Pankreastumoren. In: Layer G, van Kaick G, Delorme S, editors. Radiologische Diagnostik in der Onkologie: Band 2: Gastrointestinum, Urogenitaltrakt, Retroperitoneum. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2008. p. 143-78.
15. Lauenstein TC, Adamek HE. Moderne Bildgebung bei Pankreasraumforderungen. Der Gastroenterologe. 2012;7(4):347-57.
16. Gordon-Dseagu VL, Devesa SS, Goggins M, Stolzenberg-Solomon R. Pancreatic cancer incidence trends: evidence from the Surveillance, Epidemiology and End Results (SEER) population-based data. International journal of epidemiology. 2018;47(2):427-39.
17. Howlader N, Noone AM, Krapcho M, Miller D, Bishop K, Kosary CL, Yu M, Ruhl J, Tatalovich Z, Mariotto A, Lewis DR, Chen HS, Feuer EJ, Cronin KA (eds). SEER Cancer Statistics Review, 1975-2014, National Cancer Institute. Bethesda, MD, https://seer.cancer.gov/csr/1975_2014/, based on November 2016 SEER data submission, posted to the SEER web site, April 2017.
18. Barnes B, Kraywinkel K, Nowossadeck E, Schönfeld I, Starker A, Wienecke A, et al. Bericht zum Krebsgeschehen in Deutschland 2016. Berlin: Robert- Koch- Institut; 2016.
19. Kamisawa T, Wood LD, Itoi T, Takaori K. Pancreatic cancer. Lancet (London, England). 2016;388(10039):73-85.
20. Siegel R, Ma J, Zou Z, Jemal A. Cancer statistics, 2014. CA Cancer J Clin. 2014;64(1):9-29.
21. Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF): S3-Leitlinie Exokrines Pankreaskarzinom, Langversion 2.01 (Konsultationsfassung), 2021, AWMF Registernummer: 032-0100L, <https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/pankreaskarzinom/>.
22. Hartwig W, Schneider L, Diener MK, Bergmann F, Buchler MW, Werner J. Preoperative tissue diagnosis for tumours of the pancreas. Br J Surg. 2009;96(1):5-20.
23. Zhao L, Zhao H, Yan H. Gene expression profiling of 1200 pancreatic ductal adenocarcinoma reveals novel subtypes. BMC Cancer. 2018;18(1):603.
24. Raumforderungen in der Niere. In: Keller CK, Geberth SK, editors. Praxis der Nephrologie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2007. p. 93-104.
25. Chow WH, Devesa SS, Warren JL, Fraumeni JF, Jr. Rising incidence of renal cell cancer in the United States. Jama. 1999;281(17):1628-31.
26. Hollingsworth JM, Miller DC, Daignault S, Hollenbeck BK. Five-year survival after surgical treatment for kidney cancer: a population-based competing risk analysis. Cancer. 2007;109(9):1763-8.
27. Hollingsworth JM, Miller DC, Daignault S, Hollenbeck BK. Rising incidence of small renal masses: a need to reassess treatment effect. J Natl Cancer Inst. 2006;98(18):1331-4.

28. Tsivian M, Mouraviev V, Albala DM, Caso JR, Robertson CN, Madden JF, et al. Clinical predictors of renal mass pathological features. *BJU international*. 2011;107(5):735-40.
29. Frank I, Blute ML, Chevillie JC, Lohse CM, Weaver AL, Zincke H. Solid renal tumors: an analysis of pathological features related to tumor size. *The Journal of urology*. 2003;170(6 Pt 1):2217-20.
30. Eshed I, Elias S, Sidi AA. Diagnostic value of CT-guided biopsy of indeterminate renal masses. *Clinical radiology*. 2004;59(3):262-7.
31. Krebs in Deutschland 2007/2008. 8. Ausgabe: Robert Koch-Institut (Hrsg) und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (Hrsg); Berlin, 2012.
32. Flaherty KT, Fuchs CS, Colditz GA, Stampfer MJ, Speizer FE, Willett WC, et al. A prospective study of body mass index, hypertension, and smoking and the risk of renal cell carcinoma (United States). *Cancer causes & control : CCC*. 2005;16(9):1099-106.
33. Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF): Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Nierenzellkarzinoms, Langversion 3.0, 2021, AWMF-Registernummer: 043/017OL, <https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/nierenzellkarzinom/> (Zugriff am: 21.12.2021).
34. Jung W, Trümper L. Differenzialdiagnose und -abklärung von Lymphknotenvergrößerungen. *Der Internist*. 2008;49(3):305-20.
35. Haferlach T. Akute Leukämien. In: Haferlach T, editor. *Hämatologische Erkrankungen: Atlas und diagnostisches Handbuch*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2020. p. 93-136.
36. Stein H, Jöhrens K, Hummel M, Anagnostopoulos I. Allgemeine Pathogenese. In: Hiddemann W, Dreyling M, Stein H, editors. *Lymphome Neue Erkenntnisse und Therapiestrategien*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2005. p. 7-19.
37. Feller AC. Klassifikation der Non-Hodgkin-Lymphome. In: Schmall H-J, Höffken K, Possinger K, editors. *Kompodium Internistische Onkologie: Teil 2: Therapie von Leukämien, Lymphomen, soliden Tumoren Spezielle Therapiemodalitäten · Regionale Chemotherapie · Notfälle*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1997. p. 146-50.
38. Anagnostopoulos I, Jöhrens K. [Epstein-Barr virus-associated lymphoproliferations and lymphomas]. *Der Pathologe*. 2013;34(3):262-71.
39. Lymphome. In: Mohnike W, Hör G, editors. *PET/CT-Atlas*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2006. p. 341-62.
40. Jelloul FZ, Navarro M, Navale P, Hagan T, Cocker RS, Das K, et al. Diagnosis of Lymphoma Using Fine-Needle Aspiration Biopsy and Core-Needle Biopsy: A Single-Institution Experience. *Acta Cytol*. 2019;63(3):198-205.

41. Gupta S, Wallace MJ, Cardella JF, Kundu S, Miller DL, Rose SC. Quality improvement guidelines for percutaneous needle biopsy. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 2010;21(7):969-75.
42. Malone ER, Oliva M, Sabatini PJB, Stockley TL, Siu LL. Molecular profiling for precision cancer therapies. *Genome Med*. 2020;12(1):8.
43. Bruns J, Delling G, Henne-Bruns D, Hossfeld DK. Biopsy of tumors of the musculoskeletal system. *Dtsch Arztebl Int*. 2008;105(27):492-7.
44. Kohn D. Biopsie. In: Kohn D, Pohlemann T, editors. *Operationsatlas für die orthopädisch-unfallchirurgische Weiterbildung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013. p. 151-6.
45. Carberry GA, Lubner MG, Wells SA, Hinshaw JL. Percutaneous biopsy in the abdomen and pelvis: a step-by-step approach. *Abdom Radiol (NY)*. 2016;41(4):720-42.
46. Berger H. Interventionelle Radiologie. In: Siewert JR, Rothmund M, Schumpelick V, editors. *Praxis der Viszeralchirurgie: Onkologische Chirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2006. p. 259-68.
47. Kettenbach J, Blum M, El-RaBadi K, Langenberger H, Happel B, Berger J, et al. Perkutane Leberbiopsie. *Der Radiologe*. 2005;45:44-54.
48. Riemer A. *Computertomografie für MTRA/RT. 2., unveränderte Auflage* ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017.
49. Alkadhi H, Leschka S, Stolzmann P, Scheffel H. *Wie funktioniert CT?* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2011. XVIII, 272 p.
50. Schulthess vGK. *Röntgen, Computertomografie & Co. 1 ed*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2017. XVI, 138 p.
51. Gianfelice D, Lepanto L, Perreault P, Chartrand-Lefebvre C, Milette PC. Value of CT fluoroscopy for percutaneous biopsy procedures. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 2000;11(7):879-84.
52. Haaga JR, Alfidi RJ. Precise biopsy localization by computer tomography. *Radiology*. 1976;118(3):603-7.
53. Froelich JJ, Wagner HJ. CT-fluoroscopy: Tool or gimmick? *Cardiovascular and interventional radiology*. 2001;24(5):297-305.
54. Katada K, Kato R, Anno H, Ogura Y, Koga S, Ida Y, et al. Guidance with real-time CT fluoroscopy: early clinical experience. *Radiology*. 1996;200(3):851-6.
55. Froelich JJ, Saar B, Hoppe M, Ishaque N, Walthers EM, Regn J, et al. Real-time CT-fluoroscopy for guidance of percutaneous drainage procedures. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 1998;9(5):735-40.

56. Paprottka PM, Helmberger T, Reiser MF, Trumm CG. [Computed tomography guidance: fluoroscopy and more]. *Der Radiologe*. 2013;53(11):974-85.
57. Schullian P, Widmann G, Lang TB, Knoflach M, Bale R. Accuracy and diagnostic yield of CT-guided stereotactic liver biopsy of primary and secondary liver tumors. *Comput Aided Surg*. 2011;16(4):181-7.
58. Nawfel RD, Judy PF, Silverman SG, Hooton S, Tuncali K, Adams DF. Patient and personnel exposure during CT fluoroscopy-guided interventional procedures. *Radiology*. 2000;216(1):180-4.
59. Katada K, Anno H, Takeshita G, Ogura Y, Koga S, Ida Y, et al. [Development of real-time CT fluoroscopy]. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi*. 1994;54(12):1172-4.
60. Carlson SK, Bender CE, Classic KL, Zink FE, Quam JP, Ward EM, et al. Benefits and safety of CT fluoroscopy in interventional radiologic procedures. *Radiology*. 2001;219(2):515-20.
61. Silverman SG, Tuncali K, Adams DF, Nawfel RD, Zou KH, Judy PF. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure. *Radiology*. 1999;212(3):673-81.
62. Prosch H, Stadler A, Schilling M, Burklin S, Eisenhuber E, Schober E, et al. CT fluoroscopy-guided vs. multislice CT biopsy mode-guided lung biopsies: accuracy, complications and radiation dose. *Eur J Radiol*. 2012;81(5):1029-33.
63. Knott EA, Rose SD, Wagner MG, Lee FT, Jr., Radtke J, Anderson DR, et al. CT Fluoroscopy for Image-Guided Procedures: Physician Radiation Dose During Full-Rotation and Partial-Angle CT Scanning. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 2021;32(3):439-46.
64. Lucey BC, Varghese JC, Hochberg A, Blake MA, Soto JA. CT-guided intervention with low radiation dose: feasibility and experience. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;188(5):1187-94.
65. Paulson EK, Sheafor DH, Enterline DS, McAdams HP, Yoshizumi TT. CT fluoroscopy--guided interventional procedures: techniques and radiation dose to radiologists. *Radiology*. 2001;220(1):161-7.
66. Hiraki T, Kamegawa T, Matsuno T, Sakurai J, Komaki T, Yamaguchi T, et al. Robotic needle insertion during computed tomography fluoroscopy-guided biopsy: prospective first-in-human feasibility trial. *Eur Radiol*. 2020;30(2):927-33.
67. Patel IJ, Davidson JC, Nikolic B, Salazar GM, Schwartzberg MS, Walker TG, et al. Consensus guidelines for periprocedural management of coagulation status and hemostasis risk in percutaneous image-guided interventions. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 2012;23(6):727-36.
68. Midia M, Odedra D, Shuster A, Midia R, Muir J. Predictors of bleeding complications following percutaneous image-guided liver biopsy: a scoping review. *Diagn Interv Radiol*. 2019;25(1):71-80.

69. Mahnken AH, Wallnöfer A, Helmberger T. CT-gesteuerte diagnostische Punktionen. In: Brüning R, Küttner A, Flohr T, editors. Mehrschicht-CT Ein Leitfaden. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2008. p. 381-8.
70. Strobl FF, Schwarz JB, Haeussler SM, Paprottka PM, Rist C, Thierfelder KM, et al. Percutaneous CT fluoroscopy-guided core biopsy of pancreatic lesions: technical and clinical outcome of 104 procedures during a 10-year period. *Acta radiologica (Stockholm, Sweden : 1987)*. 2017;58(8):906-13.
71. Spelsberg FW, Hoffmann RT, Lang RA, Winter H, Weidenhagen R, Reiser M, et al. CT fluoroscopy guided percutaneous gastrostomy or jejunostomy without (CT-PG/PJ) or with simultaneous endoscopy (CT-PEG/PEJ) in otherwise untreatable patients. *Surgical endoscopy*. 2013;27(4):1186-95.
72. Leng S, Christner JA, Carlson SK, Jacobsen M, Vrieze TJ, Atwell TD, et al. Radiation dose levels for interventional CT procedures. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;197(1):W97-103.
73. Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product. *Radiology*. 2010;257(1):158-66.
74. Universität Zürich, Methodenberatung, Logistische Regressionsanalyse [cited 2019 09.02.19]. Available from: https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/zusammenhaenge/lreg.html#7
75. Haage P, Piroth W, Staatz G, Adam G, Günther RW. CT-gesteuerte perkutane Biopsien zur Klassifizierung von fokalen Leberläsionen: Vergleich zwischen 14 G- und 18 G-Stanzbiopsienadeln. *Fortschr Röntgenstr*. 1999;171(Bd.2/1):44-8.
76. Stattaus J, Kuhl H, Hauth EA, Kalkmann J, Baba HA, Forsting M. [Liver biopsy under guidance of multislice computed tomography: comparison of 16G and 18G biopsy needles]. *Der Radiologe*. 2007;47(5):430-8.
77. Sainani NI, Schlett CL, Hahn PF, Gervais DA, Mueller PR, Arellano RS. Computed tomography-guided percutaneous biopsy of isoattenuating focal liver lesions. *Abdom Imaging*. 2014;39(3):633-44.
78. Tyng CJ, Almeida MF, Barbosa PN, Bitencourt AG, Berg JA, Maciel MS, et al. Computed tomography-guided percutaneous core needle biopsy in pancreatic tumor diagnosis. *World J Gastroenterol*. 2015;21(12):3579-86.
79. Zech CJ, Helmberger T, Wichmann MW, Holzknecht N, Diebold J, Reiser MF. Large core biopsy of the pancreas under CT fluoroscopy control: results and complications. *J Comput Assist Tomogr*. 2002;26(5):743-9.
80. Sofocleous CT, Schubert J, Brown KT, Brody LA, Covey AM, Getrajdman GI. CT-guided transvenous or transcaval needle biopsy of pancreatic and peripancreatic lesions. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 2004;15(10):1099-104.

81. Hobbs DJ, Zhou M, Campbell SC, Aydin H, Weight CJ, Lane BR. The impact of location and number of cores on the diagnostic accuracy of renal mass biopsy: an ex vivo study. *World J Urol.* 2013;31(5):1159-64.
82. Hiraki T, Mimura H, Gobara H, Iguchi T, Fujiwara H, Sakurai J, et al. CT fluoroscopy-guided biopsy of 1,000 pulmonary lesions performed with 20-gauge coaxial cutting needles: diagnostic yield and risk factors for diagnostic failure. *Chest.* 2009;136(6):1612-7.
83. Kroeze SG, Huisman M, Verkooijen HM, van Diest PJ, Ruud Bosch JL, van den Bosch MA. Real-time 3D fluoroscopy-guided large core needle biopsy of renal masses: a critical early evaluation according to the IDEAL recommendations. *Cardiovascular and interventional radiology.* 2012;35(3):680-5.
84. Sofikerim M, Tatlisen A, Canoz O, Tokat F, Demirtas A, Mavili E. What is the role of percutaneous needle core biopsy in diagnosis of renal masses? *Urology.* 2010;76(3):614-8.
85. Seager MJ, Patel U, Anderson CJ, Gonsalves M. Image-guided biopsy of small (≤ 4 cm) renal masses: the effect of size and anatomical location on biopsy success rate and complications. *Br J Radiol.* 2018;91(1085):20170666.
86. Iguchi T, Hiraki T, Matsui Y, Fujiwara H, Sakurai J, Masaoka Y, et al. CT fluoroscopy-guided renal tumour cutting needle biopsy: retrospective evaluation of diagnostic yield, safety, and risk factors for diagnostic failure. *Eur Radiol.* 2018;28(1):283-90.
87. Leveridge MJ, Finelli A, Kachura JR, Evans A, Chung H, Shiff DA, et al. Outcomes of small renal mass needle core biopsy, nondiagnostic percutaneous biopsy, and the role of repeat biopsy. *European urology.* 2011;60(3):578-84.
88. Schmidbauer J, Remzi M, Memarsadeghi M, Haitel A, Klingler HC, Katzenbeisser D, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography-guided percutaneous biopsy of renal masses. *European urology.* 2008;53(5):1003-11.
89. Neuzillet Y, Lechevallier E, Andre M, Daniel L, Coulange C. Accuracy and clinical role of fine needle percutaneous biopsy with computerized tomography guidance of small (less than 4.0 cm) renal masses. *The Journal of urology.* 2004;171(5):1802-5.
90. Silverman SG, Gan YU, Morteale KJ, Tuncali K, Cibas ES. Renal masses in the adult patient: the role of percutaneous biopsy. *Radiology.* 2006;240(1):6-22.
91. Israel GM, Hindman N, Bosniak MA. Evaluation of cystic renal masses: comparison of CT and MR imaging by using the Bosniak classification system. *Radiology.* 2004;231(2):365-71.
92. Elstob A, Gonsalves M, Patel U. Diagnostic modalities. *Int J Surg.* 2016;36(Pt C):504-12.

93. Schaefer PJ, Schaefer FK, Heller M, Jahnke T. CT fluoroscopy guided biopsy of small pulmonary and upper abdominal lesions: efficacy with a modified breathing technique. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*. 2007;18(10):1241-8.
94. Dancygier H. *Klinische Hepatologie: Grundlagen, Diagnostik und Therapie hepatobiliärer Erkrankungen*. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag; 2013.
95. Strobel D, Bernatik T, Blank W, Will U, Reichel A, Wüstner M, et al. Incidence of bleeding in 8172 percutaneous ultrasound-guided intraabdominal diagnostic and therapeutic interventions - results of the prospective multicenter DEGUM interventional ultrasound study (PIUS study). *Ultraschall Med*. 2015;36(2):122-31.
96. Chi H, Hansen BE, Tang WY, Schouten JN, Sprengers D, Taimr P, et al. Multiple biopsy passes and the risk of complications of percutaneous liver biopsy. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2017;29(1):36-41.
97. McGill DB, Rakela J, Zinsmeister AR, Ott BJ. A 21-year experience with major hemorrhage after percutaneous liver biopsy. *Gastroenterology*. 1990;99(5):1396-400.
98. Lindner A, Frieser M, Heide R, Wildner D, Neurath MF, Dauth W, et al. Postinterventional pain and complications of sonographically guided interventions in the liver and pancreas. *Ultraschall Med*. 2014;35(2):159-65.
99. Cadranet JF, Rufat P, Degos F. Practices of liver biopsy in France: results of a prospective nationwide survey. For the Group of Epidemiology of the French Association for the Study of the Liver (AFEF). *Hepatology*. 2000;32(3):477-81.
100. Amin Z, Theis B, Russell RC, House C, Novelli M, Lees WR. Diagnosing pancreatic cancer: the role of percutaneous biopsy and CT. *Clinical radiology*. 2006;61(12):996-1002.
101. Tsivian M, Rampersaud EN, Jr., del Pilar Laguna Pes M, Joniau S, Leveillee RJ, Shingleton WB, et al. Small renal mass biopsy--how, what and when: report from an international consensus panel. *BJU international*. 2014;113(6):854-63.
102. Volpe A, Mattar K, Finelli A, Kachura JR, Evans AJ, Geddie WR, et al. Contemporary results of percutaneous biopsy of 100 small renal masses: a single center experience. *The Journal of urology*. 2008;180(6):2333-7.
103. Veltri A, Garetto I, Tosetti I, Busso M, Volpe A, Pacchioni D, et al. Diagnostic accuracy and clinical impact of imaging-guided needle biopsy of renal masses. Retrospective analysis on 150 cases. *Eur Radiol*. 2011;21(2):393-401.
104. 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. *The Journal of urology*. 2007;178(2):379-86.

105. Ralls PW, Barakos JA, Kaptein EM, Friedman PE, Fouladian G, Boswell WD, et al. Renal biopsy-related hemorrhage: frequency and comparison of CT and sonography. *J Comput Assist Tomogr.* 1987;11(6):1031-4.
106. Kloeckner R, dos Santos DP, Schneider J, Kara L, Dueber C, Pitton MB. Radiation exposure in CT-guided interventions. *Eur J Radiol.* 2013;82(12):2253-7.
107. Tsalafoutas IA, Tsapaki V, Triantopoulou C, Gorantonaki A, Papailiou J. CT-guided interventional procedures without CT fluoroscopy assistance: patient effective dose and absorbed dose considerations. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;188(6):1479-84.