

Aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Jens Ricke

**Technisches Outcome, klinisches Ergebnis und Komplikationen der
CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage bei Patienten mit
symptomatischen Lymphozelen
nach radikaler Prostatektomie**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Vorgelegt von
Simone Zakall,
geb. Ebenberger
aus Wien
2022

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Christoph G. Trumm

Mitberichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Severin Rodler

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. Melvin D'Anastasi

Dekan: Prof. Dr. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 30.11.2022

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
CIRSE	Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe
CLND	Komplette Lymphknoten-Dissektion
cm	Zentimeter
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
CTDI	Computed tomography dose index
CTF	Computertomographie-Fluoroskopie
d.h.	das heißt
dl	Deziliter
DLP	Dosislängenprodukt
et al.	Et alii
F	French
FNB	Feinnadelbiopsie
G	Giga
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
INR	International Normalized Ratio
KM	Kontrastmittel
L	Liter
mAs	Milliampere-Sekunde
max.	Maximal
MPR	Multiplanare Reformation
µl	Mikroliter
mg	Milligramm
mGy	Milligray
mGy*cm	Milligray-Zentimeter
min.	minimal

ml	Milliliter
MRT	Magnetresonanztomographie
o.g.	oben genannt
OP	Operation
PACS	Picture Archiving and Communication System
PE	Prostatektomie
prim.	primär
PTFE	Polytetrafluorethylen
RIS	Radiologisches Informationssystem
SIR	Society of Interventional Radiology
SLNE	Sentinel-Lymphnodektomie
US	Ultraschall
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Lymphozelen	1
1.1.1	Ätiologie.....	1
1.1.2	Epidemiologie	2
1.1.3	Klinik.....	3
1.1.4	Diagnostik	4
1.1.5	Therapie.....	5
1.2	Fragestellung und Zielsetzung.....	9
2	Material und Methoden	11
2.1	CT-gesteuerte Intervention	11
2.1.1	Anwendungsbereiche	11
2.1.2	CT-Fluoroskopie	13
2.1.3	Vorgehensweise bei der Punktion	15
2.1.4	Strahlendosis	19
2.2	Charakteristika der Lymphozelen.....	21
2.3	Klassifikation.....	22
2.3.1	Typ 1: Paravesikale Lymphozelen	23
2.3.2	Typ 2A & B: Lateral pelvine Lymphozelen (gekapselt (2A) und tief pelvine Lymphozelen (2B))	25
2.3.3	Typ 3: Prävesikale Lymphozelen.....	28
2.3.4	Typ 4: Lymphozelen mit retroperitonealer Ausbreitung.....	30
2.4	Patientenkollektiv	32
2.4.1	Ein- und Ausschlusskriterien	33
2.5	Infektionszeichen - klinisch, serologisch, radiologisch.....	34
2.6	Minor- und Majorkomplikationen	35
2.7	Datenerhebung und statistische Auswertung.....	37
3	Ergebnisse	39
3.1	Patientenkollektiv, Lymphozelencharakteristika und Rezidivgeschehen	39
3.2	Interventionscharakteristika.....	42
3.3	Technisches Outcome und Rezidive.....	46
3.4	Infektionszeichen.....	47
3.5	Komplikationen	52
3.6	Hospitalisierung.....	53
4	Diskussion.....	54
4.1	Prognose in Abhängigkeit von der Behandlungsmethode.....	55

4.2	CT-gesteuerte Lymphozelen-Interventionen.....	56
4.3	Vorteile der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage	58
4.4	Nachteile der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage	60
4.5	Operative Sanierung: Laparoskopische Lymphozelenfensterung als Alternative.....	62
4.6	Limitationen der Studie	64
5	Zusammenfassung und Ausblick	65
6	Danksagung.....	68
7	Eidesstattliche Versicherung	69
8	Tabellenverzeichnis.....	70
9	Abbildungsverzeichnis	71
10	Quellenverzeichnis	73

1 Einleitung

1.1 Lymphozelen

1.1.1 Ätiologie

Definiert ist die Lymphozele als eine abnorme Ansammlung von Lymphflüssigkeit ohne Epithelialisierung der Lymphozelenwand (1). Zum Auftreten von Lymphozelen führen diverse chirurgische Eingriffe, vor allem die begleitende Lymphadenektomie im Zuge operativer Verfahren maligner Prozesse der Prostata oder gynäkologischer Tumore. Auch bei Nierentransplantationen ist die Entstehung von Lymphozelen dokumentiert (2, 3, 4, 5, 6, 7). Hier werden beispielsweise eine frühe Abstoßung oder eine inkomplette Ligatur der lymphatischen Gefäße als Risikofaktoren für die Lymphozelenentstehung genannt (8). Wesentlich seltener kommt es aufgrund vaskulärer oder spinaler chirurgischer Eingriffe zur Entwicklung von Lymphozelen. Theoretisch können diese Ansammlungen von Lymphflüssigkeit nach allen chirurgischen Eingriffen mit Verletzung des Lymphsystems auftreten (9, 10, 11).

Als wesentliche Risikofaktoren für die Formation von Lymphozelen werden eine ungenügende intraoperative Präparierung der Strukturen, chirurgische Eingriffe im extraperitonealen Raum und eine prophylaktische Therapie mit niedrig dosiertem Heparin genannt. Ursächlich dafür könnte die verzögerte Gerinnung der Lymphflüssigkeit sein, wodurch die Lymphozelenbildung begünstigt wird (12). Auch das Fehlen von prophylaktisch platzierten pelvinen Wunddrainagen, das Ausmaß der Lymphknotenmetastasierung bei Malignomen, eine adjuvante Radiotherapie oder Wundinfektionen zählen zu wichtigen Entstehungsursachen (10, 13, 14).

1.1.2 Epidemiologie

Bei der radikalen Prostatektomie ist das Auftreten von postoperativen Lymphozelen die am häufigsten dokumentierte Komplikation (4, 15).

Laut einer Datenreihe von Stolzenburg et al. besteht für die Entstehung symptomatischer Lymphozelen nach extraperitonealer, endoskopischer, retropubischer, radikaler Prostatektomie eine Prävalenz von 9,7%. 1,7% bis 3,8% dieser Lymphozelen präsentierten sich symptomatisch (16).

Andere Quellen berichten bei 5% bis 54% der Fälle nach pelviner Lymphadenektomie von der Entstehung von Lymphozelen. Diese enorme Bandbreite an Häufigkeitsangaben lässt sich am ehesten durch die unterschiedliche Sensitivität der zur Detektion der Lymphozelen verwendeten Verfahren in unterschiedlichen Zentren begründen (10, 13, 14, 17, 18, 19).

Subklinische Lymphozelen nach radikalen Prostatektomien sind nicht ungewöhnlich, sie stellen allerdings selten eine Indikation zur Intervention dar. Eine Studie von Khoder et al. zeigte, dass die Inzidenz jener Lymphozelen bei etwa 26% liegt, aber nur 2,4% der eben genannten Fälle Symptome verursachen und wiederum nur 1,9% dieser postoperativen Lymphozelen einer interventionellen Therapie bedürfen (20).

Todokoro et al. betonen in ihrer Arbeit zur Behandlung pelviner Lymphozelen aus dem Jahr 2013 deren Entstehung vor allem im Rahmen operativer Eingriffe gynäkologischer oder prostatistischer Malignome sowie im Rahmen von Nierentransplantationen mit einer Häufigkeit von 1 bis 49% (21).

In einer Studie von Kretschmer et al. zu Lymphadenektomien im Rahmen kutaner Melanome wird die Entstehung therapiebedürftiger Lymphozelen bei 4% der Patienten mit Sentinel-Lymphnodektomien (SLNE) und bei 28,9% der Patienten nach kompletter Lymphknoten-Dissektion (CLND) beschrieben (22).

1.1.3 Klinik

Lymphozelen sind häufig klein und asymptomatisch und werden in vielen Fällen bei routinemäßigen Untersuchungen nach chirurgischen Eingriffen entdeckt (23, 24).

Allerdings können in Abhängigkeit der Größe und Lokalisation der Lymphozelen diverse Beschwerden auftreten. Dem liegt vor allem die lokale Kompression umliegender Strukturen zugrunde (25, 26). Betroffene Strukturen können Nerven, die Harnblase, die Ureteren, iliakale Venen, das Colon sigmoideum oder das Rektum sein. Daraus resultieren eine pelvine Schmerzsymptomatik, gehäufte Harndrang, Hydronephrosen, tiefe Beinvenenthrombosen oder Obstipation. Außerdem besteht die Möglichkeit einer Infektion der Lymphozelen mit zugehöriger Symptomatik der Entzündungsreaktion (8, 10, 27, 28, 29, 30).

Die Prävention von Lymphozelen nach Prostataentfernung ist sehr schwierig, da die unumgängliche pelvine Lymphadenektomie im Zuge der radikalen Prostatektomie den einzigen signifikanten Risikofaktor zur Entstehung des Lymphabflusshindernisses mit konsekutiver Lymphozelenbildung darstellt (20, 31).

1.1.4 Diagnostik

Der Ultraschall (B-Bild) ist die primäre bildgebende Modalität, um Lymphozelen darzustellen. Die Lymphozelen präsentieren sich in der Sonographie als echoarme, zystische Strukturen in Nachbarschaft zu den Iliakalgefäßen. Gelegentlich ist eine Septierung innerhalb der Lymphozelen zu erkennen. Die Größe der Lymphozelen ist variabel, große Ansammlungen können (wie bereits oben erwähnt) auch den retroperitonealen Raum einnehmen (30, 32).

In der Computertomographie (CT) werden die Lymphozelen als dünnwandige, hypodense Läsionen mit in der Regel flüssigkeitsdichten CT-Dichtewerten (0 bis 10 Hounsfield-Einheiten) dargestellt. Superinfizierte Lymphozelen können anhand des dichten, irregulären Ring-Enhancements als Ausdruck der Entzündungsreaktion detektiert werden, wobei eine zarte randständige Kontrastmittel(KM)-Aufnahme nicht beweisend für eine Superinfektion ist. Sie können im Falle eines putride tingierten Inhalts zudem höhere CT-Dichtewerte ihres Binnenraumes erzielen (30).

Auch die Magnetresonanztomographie (MRT) wird als bildgebendes Verfahren zur Darstellung von Lymphozelen angewandt. Hier präsentieren sich die Lymph-Ansammlungen in der T2-Wichtung als hyperintense Strukturen ohne abgrenzbare Wand. In der T1-Wichtung nach Kontrastmittelgabe ist ein vernachlässigbares Ring-Enhancement zu sehen.

Die Abgrenzung zu anderen zystischen Strukturen oder Hämatomen gelingt zum einen aufgrund der charakteristischen Lokalisationen und zum anderen aufgrund der klassischen MRT-Bildmorphologie.

Auch die durch Lymphozelen verursachten Komplikationen lassen sich großteils in der Bildgebung erkennen. Hydronephrosen können relativ einfach mittels der Sonographie diagnostiziert werden. Außerdem gelingt der Nachweis einer Thrombose iliakaler Venen mittels der Doppler-Sonographie oder der Computertomographie. Infizierte Lymphozelen sind als solche, wie bereits oben beschrieben, in der Computertomographie anhand der Binnendichtewerte und der umliegenden Strukturveränderung erkennbar (30).

1.1.5 Therapie

1.1.5.1 Allgemeines

Asymptomatische Lymphozelen bedürfen keiner Therapie, in den meisten Fällen kommt es ohne jegliche Intervention zur körpereigenen Resorption. Symptomatische Ansammlungen hingegen müssen einer Therapie unterzogen werden. Es stehen hierfür mehrere minimalinvasive therapeutische Optionen zur Auswahl. Dazu zählen die ultraschallgezielte Nadelaspiration, die perkutane Drainagenanlage oder die Sklerotherapie mit beispielsweise Ethanol oder Doxycyclin (1, 4, 6).

Daneben besteht die Möglichkeit einer chirurgischen Therapie. Das geeignete Verfahren hier ist die Marsupialisation, auch Lymphozelenfensterung genannt. Zusammenfassend können zwei Verfahrensweisen unterschieden werden: Zum einen besteht die Möglichkeit der laparoskopischen Herangehensweise, zum anderen kann die Marsupialisation im Rahmen einer offenen Operation erfolgen (6, 33).

1.1.5.2 Perkutane Intervention

Für das initiale Management symptomatischer Lymphozelen wird häufig auf die perkutane Nadelaspiration oder die Drainagenanlage zurückgegriffen (1, 3, 34).

Perkutane Entlastungen von Lymphozelen wurden historisch zunächst vor allem mittels einfacher Nadelpunktion durchgeführt. Aufgrund hoher Rezidivraten von 80-90% wird diese Form der Intervention derzeit in erster Linie für rein diagnostische Fragestellungen herangezogen (9, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40).

Eine weitere perkutane Therapieoption ist die Drainagenanlage, die sich gut zur primären Behandlung symptomatischer Lymphozelen eignet (41).

Abbildung 1 zeigt das periinterventionelle Bild einer CT-fluoroskopisch gezielten Drainagenanlage in eine prävesikale Lymphozele in Trokarteknik (=Direktpunktionstechnik).



Abbildung 1: CT-fluoroskopisch gezielte Drainagenanlage, periinterventionell

In Abbildung 2 wird die native Kontroll-CT-Aufnahme nach erfolgreicher Drainagenanlage dargestellt.



Abbildung 2: CT-Kontrolle der Intervention mit Einbringen einer 12 French Drainage. Es zeigt sich eine deutliche Entlastung der Lymphozele im prävesikalen und rechts paravesikalen Anteil

Zusätzlich können sklerosierende Stoffe wie beispielsweise Povidon-Iod (42), Bleomycin (43), Ethanol (26, 44, 45), Doxycyclin (46) oder Fibrinkleber (47) im Rahmen der Drainagenanlage zum Einsatz kommen.

Positiver Aspekt des perkutanen Vorgehens ist die geringe Invasivität vor allem im Vergleich zum chirurgischen Prozedere. Außerdem ist eine stationäre Aufnahme der Patienten nicht zwingend erforderlich (44).

1.1.5.3 Chirurgische Therapie

Operative Strategien inkludieren die interne Marsupialisation - entweder im Rahmen einer offenen Operationstechnik oder im Zuge einer laparoskopischen Herangehensweise.

Das Therapiekonzept beruht auf einer Fensterung der Lymphozele mit interner Ableitung der Lymphflüssigkeit in die Peritonealhöhle.

Wesentliche Nachteile der internen Marsupialisation sind die Beschränkung der Anwendbarkeit auf sterile Lymphozelen, eine Regenerationsphase mit längerer Hospitalisierung nach dem Eingriff sowie ein nicht unwesentliches Infektionsrisiko (9, 48, 49, 50, 51).

1.2 Fragestellung und Zielsetzung

Wie bereits in Kapitel 1.1.5.2 beschrieben, ist die perkutane Drainagenanlage die zumeist bevorzugte therapeutische Maßnahme zur initialen Intervention bei symptomatischen Lymphozelen.

Die CT-Fluoroskopie bietet mit der Visualisierung nahezu in Echtzeit eine präzise Modalität, um diese Intervention im Bereich des Beckens bzw. Retroperitoneums komplikationsarm durchzuführen.

Das Ziel der vorliegenden, wissenschaftlichen Arbeit ist es, das technische Outcome, die klinischen Ergebnisse und die Komplikationen der CT-fluoroskopisch gesteuerten Intervention bei Patienten mit symptomatischen Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie darzustellen.

Wichtige Charakteristika bzw. Alleinstellungsmerkmale dieser retrospektiven Single Center Studie sind

1. die mit Low-Milliampere-Technik verwendete CT-Fluoroskopie,
2. die systematische Einordnung der behandelten Lymphozelen in unterschiedliche Subtypen nach der Klassifikation von Khoder et al. sowie
3. die hohe Fallzahl der Prostatektomien durch die Spezialisierung an einem Zentrum der Maximalversorgung.

Die zentralen Fragestellungen der wissenschaftlichen Arbeit lauten:

1. Technisches Outcome:
 - a. Wie viele Interventionen (%) waren technisch erfolgreich im Sinne einer erfolgreichen Drainagenanlage und Entlastung der Lymphozele durch Aspiration?
 - b. Welche Drainagengrößen und Punktionstechniken kamen zum Einsatz?
 - c. Welche DLP-Werte wurden prä-, peri- und postinterventionell erreicht und wie hoch lag das durchschnittliche Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs)?
2. Klinisches Ergebnis:
 - a. Wie viele Interventionen (%) waren klinisch erfolgreich im Sinne einer dauerhaften Entlastung der Lymphozele?
 - b. Wie lange war die Hospitalisierungsdauer der Patienten nach der Intervention?

- c. Wie häufig (%) kam es zu Komplikationen?
- d. Welche Major- und Minor- Komplikationen - gemäß der SIR/CIRSE-Klassifikation (52) - traten im Zuge der Intervention auf?
- e. Wie häufig traten Rezidive auf?
- f. Wie wurde mit Rezidiven verfahren?

2 Material und Methoden

2.1 CT-gesteuerte Intervention

2.1.1 Anwendungsbereiche

Vorab wird zur flüssigeren Lesbarkeit das männliche Geschlecht als Standard für die nachfolgenden Kapitel definiert.

CT-gesteuerte Interventionen haben sich in den letzten 30 Jahren stetig weiterentwickelt und sind heutzutage eine beliebte und häufig angewandte Option zur bildgebenden Steuerung von perkutanen Interventionen (53). Die CT kann dabei sowohl zur minimal-invasiven Diagnostik als auch zur Therapie eingesetzt werden.

Ein typisches Beispiel für eine diagnostische Intervention ist die Biopsie. Sie kann als:

1. Aspiration,
2. Feinnadel-Biopsie (FNB),
3. Stanzbiopsie (Tru Cut-Biopsie) oder
4. (knöcherne) Bohrbiopsie

durchgeführt werden. Im Zuge von Aspirationen können Flüssigkeitsansammlungen zur mikrobiellen Untersuchung, im Rahmen von Feinnadel-Biopsien zur zytologischen Aufarbeitung gewonnen werden. Stanzbiopsien werden hingegen angewandt, um Gewebe zu entnehmen, welches im Anschluss histopathologisch untersucht werden kann. Als Beispiel kann hier die Entnahme von Gewebe zur Identifizierung und Klassifizierung von Tumorgewebe genannt werden. Bohrbiopsien finden bei der Diagnostik von knöchernen Prozessen (v.a. Entzündung, Tumor) ihren Einsatz.

Drainagen stellen eine Kombination aus diagnostischer und therapeutischer Intervention dar, denn sie dienen einerseits der Behandlung von serösen Flüssigkeitsansammlungen (wie Lymphozelen), Abszessen oder Hämatomen und liefern gleichzeitig diagnostische Hinweise (wie den Nachweis einer bakteriellen Superinfektion).

Im Bereich der rein therapeutischen CT-gesteuerten Interventionen sind die Radiofrequenz- und Mikrowellenablation (bei primären und sekundären Leber-, Knochen-, Nieren- und Lungentumoren) sowie die perkutane Augmentation (Vertebro- und Kyphoplastie,

Osteoplastie) mit Knochenzement (Palacos) bei osteoporotischen und tumorbedingten Wirbelkörperfrakturen und -osteolysen zu nennen (53, 54, 55, 56).

Ein weiterer Einsatzbereich der perkutanen CT-gesteuerten Intervention ist die Schmerztherapie. Hier werden computertomographisch kontrolliert Lokalanästhetika oder Glukokortikoide (z.B. im Rahmen der periradikulären Therapie und Facetteninfiltration) injiziert.

2.1.2 CT-Fluoroskopie

Zwei Techniken zur Steuerung einer CT-gesteuerten Intervention können unterschieden werden: Die sequenzielle CT und die CT-Fluoroskopie, auf welche im folgenden Abschnitt näher eingegangen wird (57).

Von der CT-Fluoroskopie mit der Verwendung eines modifizierten Single-slice CT Scanners wurde 1993 von Katada et al. erstmals berichtet (58). Aufgrund des technischen Fortschritts der Computertomographie mit verbesserter Hard- und Software sowie der Entwicklung der Multislice CT wurde die CT-Fluoroskopie etabliert.

Sobald der Radiologe, welcher die Intervention durchführt, das Fußpedal drückt, werden mit einer Verzögerung von Millisekunden axiale CT-Bilder erstellt, aufgrund eines niedrigen Röhrenstrom-Zeit-Produktes in der Regel mit geringerer Auflösung als bei einem diagnostischen CT-Scan. Somit findet eine nahezu Echtzeit-Visualisierung statt. Der Interventionalist kann sofort sehen, in welche Richtung und Tiefe das verwendete Instrument eingeführt wurde (53, 54, 55, 56). Am Monitor können je nach Einstellung und Detektorbreite zwischen einem und mehreren Bildern benachbarter Schichten dargestellt werden. Es besteht zwischen den CT-Geräten eines bzw. verschiedener Hersteller eine große Variation der technischen Möglichkeiten (Anzahl der CT-Schichten, Detektorbreite, Fußpedal, Bedieneinheit am CT-Tisch, 1 vs. 2 Monitore im Untersuchungsraum).

Im Gegensatz zu anderen bildgebenden Verfahren zur Interventionssteuerung (wie der Sonographie) liegt einer der Hauptvorteile der CT-Fluoroskopie in der deutlich besseren räumlichen Auflösung von Läsionen mit geringer Größe in größerer Tiefe des Patienten. Auch die Zunahme der Patientensicherheit (vor allem bei adipösen Patienten) und die Verkürzung der Dauer des Eingriffs müssen an dieser Stelle als Vorteile dieses Verfahrens hervorgehoben werden.

Gerne angewandt wird die CT-Fluoroskopie gesteuerte Intervention bei beweglichen Zielstrukturen wie beispielsweise der Lunge oder dem Herzen. Ebenso kommt sie bei nur sehr schwierig zugänglichen anatomischen Regionen (z.B. Schädelbasis, Pankreas etc.) zum Einsatz.

Ein Nachteil der CT-Fluoroskopie ist die Strahlenbelastung vor allem für den Interventionalisten, auf welche im Diskussionsteil noch näher eingegangen wird (53, 54, 55, 56, 57).

Zum Zwecke der Reduktion der Strahlenbelastung wurde die sogenannte Quick-Check-Methode mit der Low-Milliampere-Technik entwickelt, bei welcher anstelle der kontinuierlichen Durchleuchtung wiederholte Einzelaufnahmen durchgeführt werden. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion der Strahlendosis sowohl für den Patienten als auch für das durchführende Personal (59).

2.1.3 Vorgehensweise bei der Punktion

Die Vorgehensweise bei der Punktion folgt einer (abhängig vom Interventionalisten) leicht modifizierbaren Reihenfolge. Zunächst sollten die bereits vorliegenden radiologischen Interventionen und Befunde des Patienten durchgesehen werden. Die Entscheidung zur Punktion sowie bezüglich des geeigneten Zugangswegs obliegt dem durchführenden Radiologen. Primäre Voraussetzung zur Durchführung einer Intervention ist, neben den klinischen und radiologischen Aspekten, die Zustimmung des Patienten. Dieser muss sorgfältig über das Prozedere, die Risiken und möglichen Komplikationen aufgeklärt werden. Idealerweise geschieht dies bereits am Vortag der Intervention unter Verwendung eines standardisierten Fragebogens mit Modifikation durch den Interventionalisten. Das schriftliche Einverständnis muss vorliegen. Ausnahmen sind Notfälle bei nicht einwilligungsfähigen Patienten (z.B. Intensivpatienten). Vor der Punktion sind die Gerinnungsparameter des Patienten zu kontrollieren, eine INR unter 1,7 und eine Thrombozytenzahl über 50.000/ μ l sind empfehlenswert (56).

Der Patient wird auf dem CT-Tisch positioniert, anschließend wird in den meisten Fällen präinterventionell ein nativer oder KM-verstärkter CT-Scan zur weiteren Planung angefertigt. Der Zugangsweg wird anhand der rekonstruierten axialen CT-Bilder und ggf. MPRs ermittelt.

Folgend führt der Radiologe eine chirurgische Händedesinfektion durch und kleidet sich steril, der Patient wird am Punktionsort ebenso steril vorbereitet und steril abgedeckt (Abbildung 3).

Im Sinne eines effizienten Strahlenschutzes für den Radiologen wird eine Strahlenschutzrüstung angezogen, welche eine Bleischürze, eine Bleiglasbrille sowie einen Schilddrüsenschutz beinhaltet. Weitere Strahlenschutzmaßnahmen sind die Anwendung einer Bleiglasscheibe zwischen dem Radiologen und dem Patienten sowie die Anwendung der Low-Dose- und Quick-Check-Methode, auf welche später genauer eingegangen wird.



Abbildung 3: CT-Intervention: Interventionsraum, Radiologe + medizinisch-technischer Radiologieassistent, positionierter Patient (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Priv-Doz. Dr. C. G. Trumm)

Danach erfolgt die Anwendung des Lokalanästhetikums. Hierbei wird bereits versucht unter CT-Kontrolle nahe an die Zielstruktur zu gelangen, wobei vor der Injektion des Lokalanästhetikums (z.B. 10ml Scandicain 1%ig oder 2%ig) aspiriert werden muss, um eine direkte intravasale Injektion zu vermeiden.

Die gleiche Trajektorie wird anschließend mit dem Interventionsbesteck (d.h. Punktionsnadel oder Drainage) wiederholt, wobei darauf geachtet werden muss, dass eine Hautinzision mit einem Skalpell bei der Verwendung von dickeren Materialien notwendig ist (53, 54, 55, 56, 58).

Abhängig vom Zugangsweg können Drainagenanlagen mit zwei unterschiedlichen Techniken durchgeführt werden. Zum einen besteht die Möglichkeit der Trokar-Technik, wobei die Flüssigkeitsansammlung direkt mit der Drainage, (von innen nach außen) bestehend aus einem spitzen Metall, einer metallischen Hohlkanüle und der flexiblen Drainage (z.B. aus biokompatiblen, medizinischem Polyurethan) punktiert wird (Abbildung 4).



Abbildung 4: Typische Drainage; ReSolve® Non-Locking Drainage Catheter (60)

Die andere Option ist die Seldinger-Technik, bei welcher der Verhalt zunächst mit einer dünnen Hohnadel (= Seldinger Nadel) (Abbildung 5) punktiert wird.

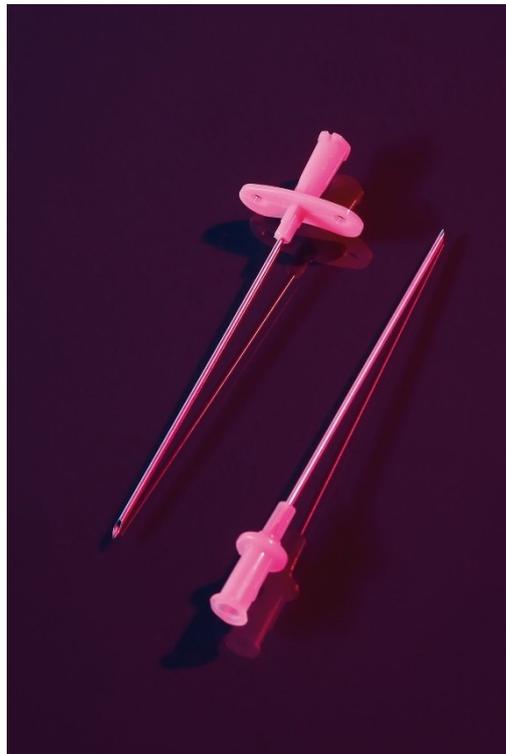


Abbildung 5: Seldinger Nadel; ©Peter Pflugbeil GmbH (61)

Danach wird ein Führungsdraht (z.B. ein PTFE-beschichteter 0,035Inch Standard-J-Draht) (Abbildung 6), über welchen die Drainage eingeführt wird, platziert (53, 54, 55, 56, 57).

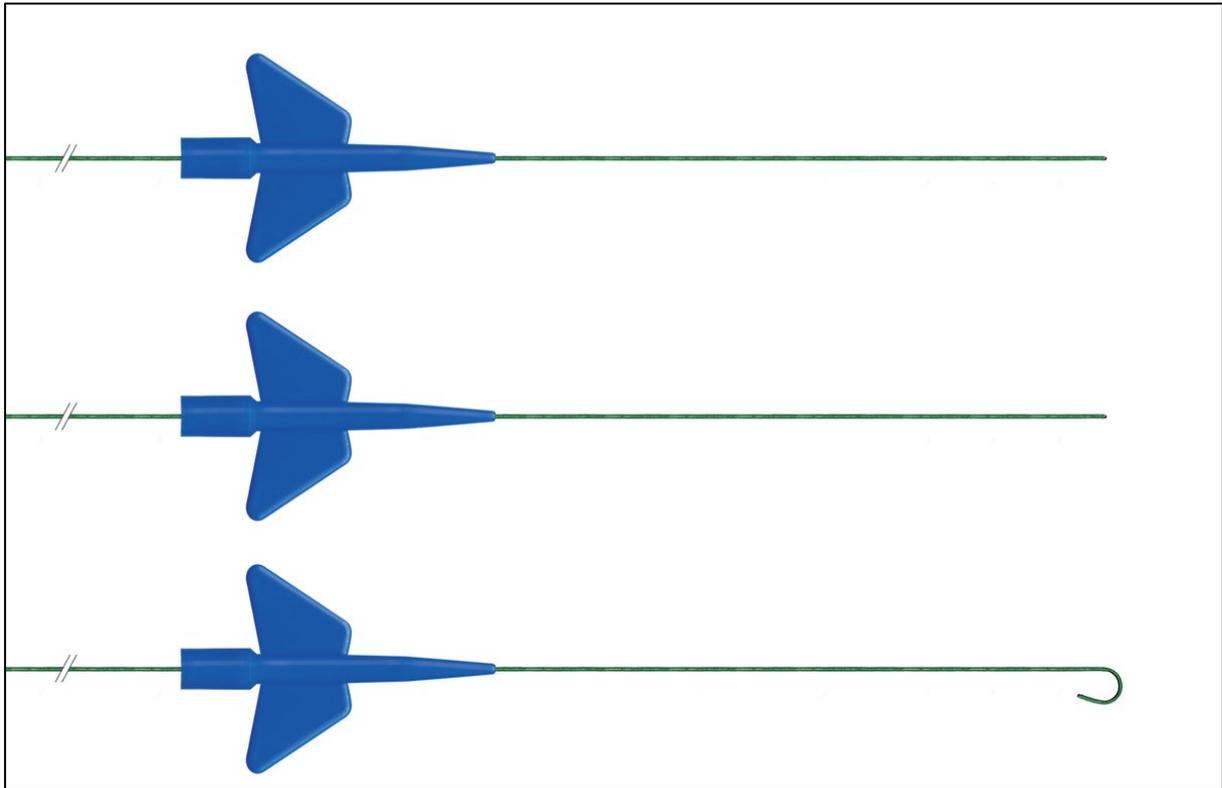


Abbildung 6: PTFE-beschichteter Führungsdraht; ©Optimed (62)

Nach der Platzierung wird die Drainage an die Haut angenäht, zusätzlich durch einen sterilen Verband fixiert und der Verhalt weitgehend in einen per Luer LokTM Anschluss konnektierten Drainagebeutel entleert.

Sobald die Punktion erfolgreich durchgeführt wurde, sollte ein weiterer CT-Scan angefertigt werden, um akute Komplikationen (wie eine relevante Einblutung durch die Verletzung einer Arterie) auszuschließen und die Lage der Drainage zu kontrollieren.

Eine Bettruhe von 2-4 Stunden sollte vom Patienten im Anschluss an die Intervention eingehalten werden. Bei schwierigen Interventionen sind weitere CT-Kontrollen im Verlauf nützlich, um Komplikationen frühzeitig zu erkennen und dementsprechend reagieren zu können (53, 54, 55, 56, 58).

2.1.4 Strahlendosis

Eine wiederkehrende Thematik auf dem Gebiet der CT-fluoroskopisch gesteuerten Intervention stellt die Strahlenbelastung, welche im folgenden Abschnitt näher erläutert werden soll, dar.

Die Menge an Photonen, welche im Röntgengerät generiert werden, wird als Tube Current-Time Product bezeichnet und in der Einheit der Milliampere-Sekunden (mAs) angegeben. Gelingt die Halbierung der Milliampere-Sekunden, wird dementsprechend die gesamte Strahlendosis halbiert. Eine direkte Umrechnung der mAs in die entsprechende Strahlendosis kann nicht erfolgen (63, 64). Hierfür wird der Computed tomography dose index (CTDI) benötigt, welcher sich aus der absorbierten Energiedosis berechnet.

Daraus wiederum lässt sich eine weitere - und die wohl wichtigste - Vergleichseinheit zur Strahlenexposition, das Dosislängenprodukt (DLP), ableiten. Hierbei wird der oben erwähnte CTDI mit der Länge des bestrahlten Gebietes multipliziert und es entsteht das Produkt, welches in der Einheit Milli-Gray*Zentimeter (mGy*cm) angegeben wird (65).

Die effektive Dosis ergibt sich aus dem Produkt von Dosislängenprodukt mal Gewebewichtungsfaktor, sie ist dem DLP in der Bedeutung zur Dosisabschätzung allerdings untergeordnet (66).

Die ebengenannten Möglichkeiten die Strahlenbelastung zu objektivieren werden bereits während der Intervention miterfasst und unmittelbar auf für den Interventionalisten sichtbare Bildschirme übertragen, um die gesamte Strahlenbelastung kalkulieren zu können. Das DLP und der CTDI müssen gemäß der Röntgenverordnung dokumentiert und am Ende der Intervention im Dosisprotokoll aufsummiert werden.

Der CTDI sowie das Dosislängenprodukt, welches die Gesamtstrahlendosis repräsentiert, werden am Klinikum Großhadern automatisch im Aufnahmeprotokoll jeder CT-Aufnahme im Picture Archiving and Communication System (PACS) der Firma Siemens festgehalten. Die Dosislängenprodukte des präinterventionellen Planungs-CTs, der interventionellen CT-Fluoroskopie sowie des postinterventionellen Kontroll-CTs werden zusammengefasst und ergeben ein Gesamt-Dosislängenprodukt (67).

Wie im Kapitel 3.2 näher erläutert, wurden im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit sowohl die einzelnen DLP-Werte für prä-, peri- und postinterventionelle Aufnahmen als auch die

dementsprechenden mAs erhoben, um die Strahlenbelastung jedes einzelnen Patienten und den einzelnen Untersuchungen und folglich auch die Gesamtübersicht zu veranschaulichen.

2.2 Charakteristika der Lymphozelen

Die Lymphozelen wurden anhand ihrer Charakteristika in verschiedene Gruppen unterteilt. Einerseits wurden sie anhand ihrer Lokalisation in:

- rechtsseitige
- linksseitige
- mediane

Lymphozelen unterteilt.

Andererseits wurde zwischen erstmalig aufgetretenen und rekurrenten Lymphozelen unterschieden.

Die dritte und wohl entscheidendste Kategorisierung fand anhand der Klassifikation nach Khoder et al. statt. Hier wurden die Lymphozelen hinsichtlich ihrer anatomischen Lage in folgende fünf Gruppen unterteilt (68):

- Typ 1: Paravesikale Lymphozelen
- Typ 2A: Lateral pelvine Lymphozelen (gekapselt)
- Typ 2B: Tief pelvine Lymphozelen
- Typ 3: Prävesikale Lymphozelen
- Typ 4: Lymphozelen mit retroperitonealer Ausbreitung.

2.3 Klassifikation

Anhand präoperativer bildgebender Diagnostik und intraoperativer Präsentation werden die Lymphozelen ihrer Lokalisation und Ausdehnung zufolge nach der Klassifikation von Khoder et al. in fünf Kategorien unterteilt: 1. paravesikal, 2. lateral pelvin (gekapselt), 3. tief pelvin, 4. prävesikal, und 5. mit retroperitonealer Ausbreitung (siehe Abbildung 8, Abbildung 10, Abbildung 12, Abbildung 14, Abbildung 16). Auch die Kombination zweier unterschiedlicher Typen wurde von Khoder et al. beschrieben (68).

Die verschiedenen Lymphozelen-Typen haben Einfluss auf eine Reihe von Faktoren wie beispielsweise auf die zu erwartenden Symptome oder Komplikationen, therapeutische Maßnahmen, Therapieentscheidungen, intraoperative beziehungsweise periinterventionelle Schritte oder den Zugangsweg im Rahmen der Intervention.

2.3.1 Typ 1: Paravesikale Lymphozelen

Bei der paravesikalen Lymphozele kommt es zur Ansammlung der Lymphflüssigkeit an einer oder auch an beiden Seiten der Harnblase (Abbildung 7, Abbildung 8). Der von dieser Lymphozele eingenommene Raum erstreckt sich von der lateralen Beckenwand mit der Beckenwandmuskulatur, der Fossa iliaca und dem anterioren Anteil des Musculus psoas, über die Beckenbodenmuskulatur und die mediale Harnblase bis zur vorderen Bauchwand. Das Dach dieser Flüssigkeitsansammlung wird vom Peritoneum geformt. Die jeweils seitlichen Anteile können an der Vorderseite miteinander kommunizieren (68). In der nachfolgenden Abbildung 7 ist eine Typ 1-Lymphozele zu sehen.



Abbildung 7: Patient mit Typ 1-Lymphozele nach Khoder et al. (68) 9 Tage nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie

Paravesikale Lymphozelen können ein sehr großes Volumen von bis zu einem Liter erreichen. Das Auftreten jener Lymphozelen wurde in engem zeitlichem Zusammenhang mit der radikalen Prostatektomie beschrieben. Die Symptome, die durch die Kompression von Nachbarorganen entstehen, treten allerdings in Abhängigkeit von der Größe meist erst im weiteren Verlauf auf. Therapeutische Interventionen werden bei dieser Lokalisation als technisch gut praktizierbar

beschrieben. Differentialdiagnostisch sollten Urinome, Hämatome, sowie Ansammlungen putrider Sekrete in Betracht gezogen werden (68).

Die anschließende Abbildung 8 soll einen schematischen Überblick über die anatomische Lage der Typ 1-Lymphozele bieten.

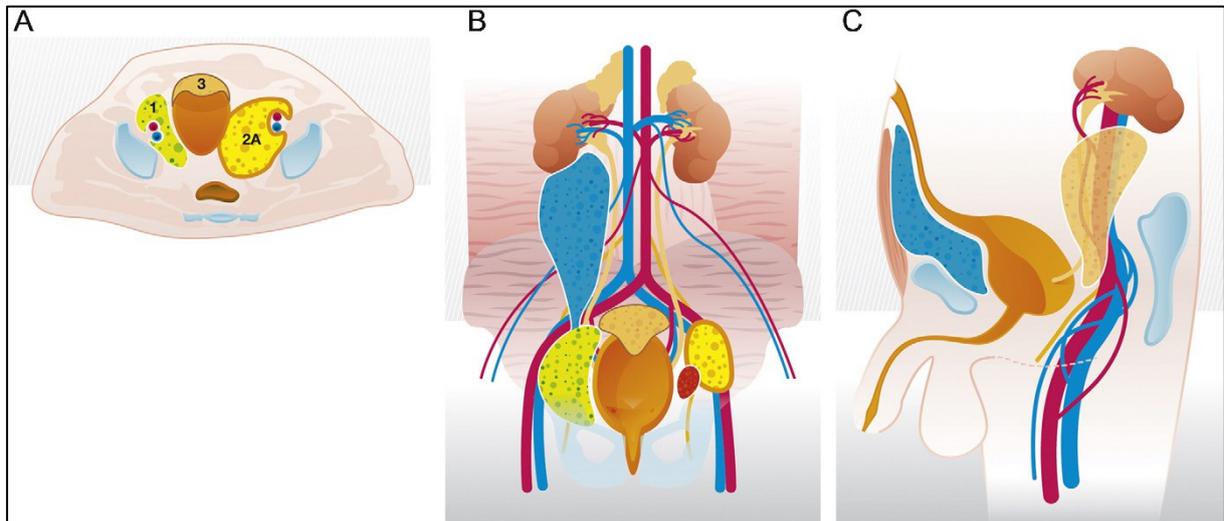


Abbildung 8: Schematischer Überblick, (A) axial, (B) coronar, und (C) lateral, der unterschiedlichen Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie. (1) Typ 1, (2A) Typ 2A, (3) Typ 3. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. *Eur Urol*; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)

2.3.2 Typ 2A & B: Lateral pelvine Lymphozelen (gekapselt (2A) und tief pelvine Lymphozelen (2B))

Gekapselte lateral pelvine Lymphozelen besitzen an der lateralen Beckenwand eine eindeutige Lymphozelenwand. Es wird eine Kapselbildung um die Iliakalgefäße und teilweise auch im Bereich der Fossa obturatoria beschrieben (Abbildung 8, Abbildung 9, Abbildung 10). Die Kapsel ist klar von den umliegenden Strukturen wie der Harnblase oder der vorderen Bauchwand getrennt. Im Gegensatz zu den anderen Lymphozelen-Typen ist das Volumen hier eher geringer. Khoder et al. berichten bei diesen Typen von einem gehäuften Auftreten von Kompressionen der Iliakalvenen. Therapeutische Interventionen, wie die Punktion oder Marsupialisation, sind bei der gekapselten Lymphozele schwierig durchzuführen und erfordern große Vorsicht, um Gefäßverletzungen zu vermeiden (68). Abbildung 9 zeigt die eben beschriebene Typ 2A Lymphozele bei einem Patienten 51 Tage nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie.



Abbildung 9: Patient mit Typ 2A Lymphozele nach Khoder et al. (68) 51 Tage nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie

Die nachfolgende Abbildung 10 skizziert die anatomische Lage der Lymphozelen vom gekapselten lateral pelvinen Typ.

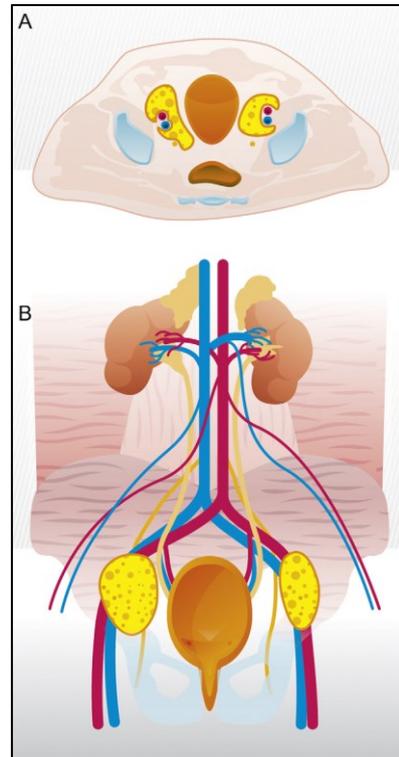


Abbildung 10: Schematischer Überblick, (A) axial und (B) coronar, der gekapselten Lymphozele Typ 2A. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. *Eur Urol*; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)

Bei der tief pelvinen Lymphozele zeigt sich keine Abhebung des umhüllenden Peritoneums. Dieser Lymphozelen-Typ kann in der Fossa obturatoria, um die internen Iliakalgefäße oder auch an der Beckenbodenmuskulatur lokalisiert sein. Eine Intervention ist hier ausschließlich indiziert, wenn es sich um eine symptomatische oder infizierte Lymphozele handelt. Khoder et al. vermerken bei diesem Typ Symptome wie Becken- oder Beinschmerzen vor allem bei der Adduktion im Hüftgelenk. Punktionen der Lymphozelen sind bei dieser Lokalisation aufgrund der Verletzungsgefahr umliegender Strukturen nicht immer durchführbar. Auch bei der Marsupialisation ist angesichts der möglichen Komplikationen im Rahmen der Operation höchste Vorsicht geboten (68). In Abbildung 11 wird eine Lymphozele vom Typ 2B präsentiert.



Abbildung 11: Patient mit Typ 2B Lymphozele nach Khoder et al. (68) 4,5 Monate nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie

Nachfolgend wird in Abbildung 12 ein schematischer Überblick zur anatomischen Lage der Lymphozele vom Typ 2B gezeigt.

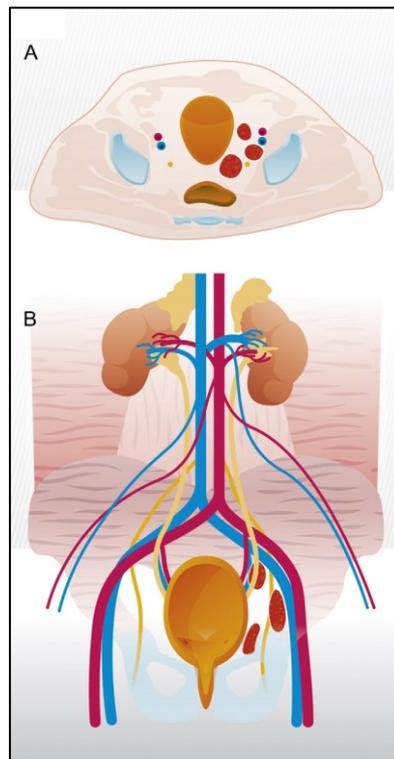


Abbildung 12: Schematischer Überblick, (A) axial und (B) coronar der tief pelvinen Lymphozele Typ 2B. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. *Eur Urol*; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)

2.3.3 Typ 3: Prävesikale Lymphozelen

Eine weitere Kategorie der Lymphozelen ist der prävesikale Typ (Abbildung 13, Abbildung 14). Hier erstreckt sich die Lymphansammlung zwischen der Vorderwand der Harnblase und der vorderen Bauchwand unter Anhebung des anterioren Peritoneums bis zum Bauchnabel. Normalerweise findet man beim prävesikalen Lymphozelen-Typ auch eine geringe Ansammlung an Lymphflüssigkeit in einer oder beiden Fossae obturatoriae.

Anschließend wird in Abbildung 13 eine kontrastverstärkte CT-Aufnahme (axiale Rekonstruktion) eines Patienten sowohl mit einer Typ 2A als auch einer Typ 3 Lymphozele gezeigt.



Abbildung 13: Patient mit Typ 2A + 3 Lymphozele nach Khoder et al. (68) 22 Tage nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie

Eine wesentliche Komplikation dieses Lymphozelentyps ist eine zunehmende Entwicklung der Inkontinenz, Kompressionssymptome treten hingegen kaum auf. Interventionen in diesem Bereich sind in der Regel technisch einfach und komplikationslos durchführbar (68).

Die nachfolgende schematische Übersicht dient zur Veranschaulichung der anatomischen Lage der Typ 3-Lymphozele.

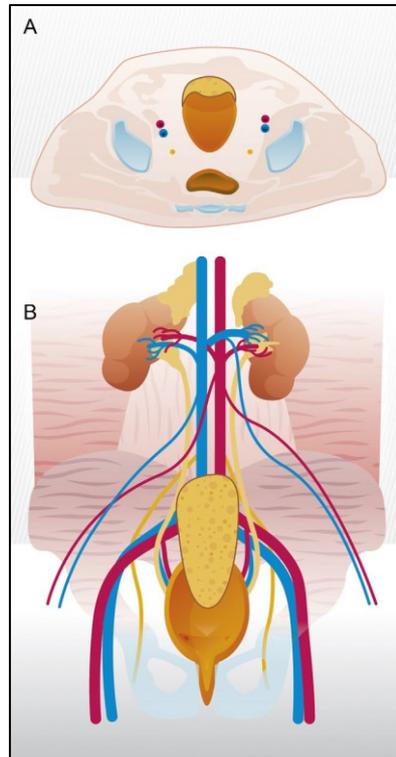


Abbildung 14: Schematischer Überblick, (A) axial und (B) coronar der prävesikalen Lymphozele Typ 3. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. *Eur Urol*; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)

2.3.4 Typ 4: Lymphozelen mit retroperitonealer Ausbreitung

Unilaterale retroperitoneale Ausbreitungen von gewöhnlichen Lymphozelen treten durch schmale Lymphansammlungen medial oder auch lateral der Iliakalgefäße auf. Demzufolge breitet sich die Lymphozele unter Abhebung des Peritoneums an der lateralen und posterioren Bauchwand in Richtung der hinteren Nierenloge aus (Abbildung 15, Abbildung 16).

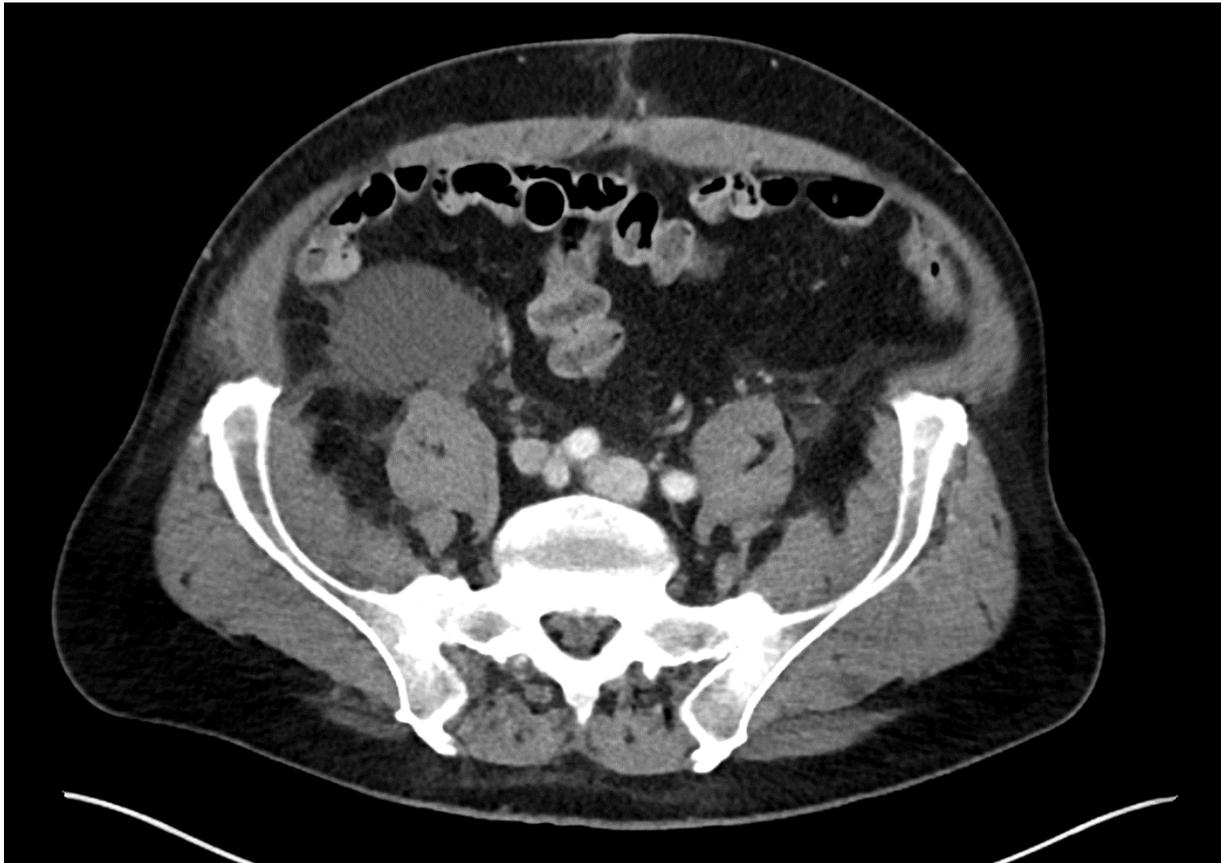
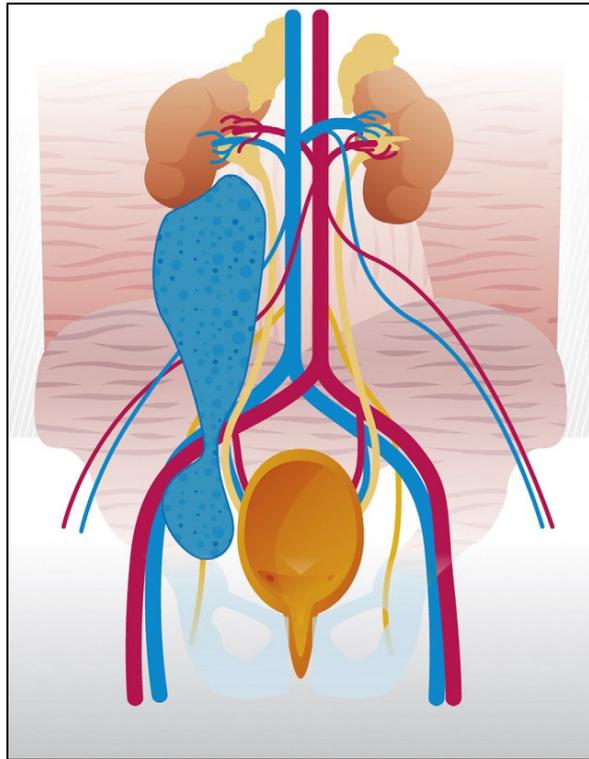


Abbildung 15: Patient mit Typ 4 Lymphozele nach Khoder et al. (68) 16 Tage nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie

Komplikationen dieses Typs sind geringgrade ipsilaterale Hydronephrosen sowie diverse Darmbeschwerden wie beispielsweise die Obstipation oder Darmkoliken. Das Auftreten der retroperitonealen Ausbreitung ist im Verhältnis zu den oben genannten weiteren Typen nach Khoder et al. selten. Die in der eben erwähnten Studie von Khoder et al. dokumentierten Fälle weisen ein sehr großes Volumen von über 1100ml auf (68).



*Abbildung 16: Schematischer coronarer Überblick der Lymphozele mit retroperitonealer Ausbreitung Typ 4.
Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. Eur Urol; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)*

2.4 Patientenkollektiv

Die Durchführung dieser Arbeit entspricht den Anforderungen der Ethikkommission des Hauses (Universitätsklinikum München Großhadern) für retrospektive Studien (Ethikvotum-Projektnr.: 518-16). Es wurden die Grundsätze der Deklaration von Helsinki berücksichtigt. Die elektronischen Akten der Patienten aus dem Klinikum Großhadern wurden durchgesehen, analysiert und bei mit den Einschlusskriterien der Studie kompatiblen Patientendaten in die Datensammlung aufgenommen. Für die Einordnung der Lymphozelen in verschiedene Untergruppen wurde die Klassifikation von Khoder et al. verwendet (68).

2.4.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Der Zeitraum der eingeschlossenen Patienten erstreckt sich von Mai 2006 bis August 2015. Personen, welche während dieser Zeitspanne am Klinikum Großhadern in München eine CT-fluoroskopisch gesteuerte Drainagenanlage aufgrund einer symptomatischen (im Sinne von klinischen, radiologischen oder serologischen Gesichtspunkten - siehe Kapitel 2.5) Lymphozele nach radikaler Prostatektomie erhielten, wurden zunächst in die Datensammlung aufgenommen. Das Kriterium der Symptomatik musste erfüllt werden - unterschiedliche Parameter, auf welche in den folgenden Abschnitten in Kapitel 2.5 eingegangen wird, wurden hier berücksichtigt. Die Indikationsstellung zur CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage wurde nach ausführlicher interdisziplinärer Einzelfalldiskussion zwischen interventionellen Radiologen und Urologen gestellt.

Der Ausschluss von der CT-fluoroskopisch gesteuerten Intervention entspricht den Kriterien des American College of Radiology (52) bzw. den Standards of Practice (69). Keine Intervention wurde demnach durchgeführt bei:

1. Blutungsstörungen, welche nicht korrigierbar waren (Mindestwerte einiger Gerinnungsparameter wie Thrombozytenzahl $> 50\ 000/\mu\text{l}$, Hämoglobin $> 8\text{g/dl}$, INR (sofern eine Antikoagulation mit Vitamin K-Antagonisten vorlag) $< 1,5$ dienen als Orientierungshilfe) (70),
2. starken kardiopulmonalen Funktionseinschränkungen oder hämodynamischer Instabilität,
3. Fehlen eines sicheren Zugangsweges,
4. unkooperativen oder nicht ordnungsgemäß lagerbaren Patienten.

Aus der Datensammlung ausgeschlossen wurden außerdem Patienten, bei welchen sich im Zuge der mikrobiellen oder radiologischen Voruntersuchung herausstellte, dass es sich um einen Abszess anstelle einer Lymphozele handelte.

2.5 Infektionszeichen - klinisch, serologisch, radiologisch

Klinisch, serologisch und radiologisch wurden mehrere Infektionszeichen erhoben. Serologisch wurde das C-reaktive Protein bestimmt, bei einem Wert von $\geq 0,5\text{mg/dl}$ ist laut des Instituts für Laboratoriumsmedizin in Großhadern von einer Erhöhung des CRP-Wertes zu sprechen. Außerdem ist die Leukozytenzahl Bestandteil der erhobenen Parameter. Hierbei ist ein Normbereich von $3,90\text{-}9,80\text{G/l}$ angegeben. Eine Erhöhung der Leukozytenanzahl (Leukozytose) wurde ebenso als Zeichen eines entzündlichen Prozesses gewertet.

Klinisch wurden folgende Parameter erhoben:

1. Schmerzen
2. Neuralgie
3. Zeichen einer Thrombose

Zusätzlich zu den klinischen und serologischen Infektionszeichen wurden radiologische Infektionszeichen erhoben. Hierzu wurden die präinterventionellen CT-Aufnahmen gesichtet und eventuelle Hinweise auf ein infektiöses Geschehen dokumentiert. Die zwei wesentlichen Merkmale, welche berücksichtigt wurden, sind:

- ringförmige Anreicherung von Kontrastmittel um die Lymphozele und
- entzündliche Veränderungen von umliegendem Fettgewebe um die Lymphozele.

Beim Vorliegen eines Merkmals oder beider Merkmale wurde radiologisch von einer infizierten Lymphozele ausgegangen.

Eine weitere Komplikation, welche radiologisch erfasst wurde, war das Vorliegen einer tiefen Beinvenenthrombose, welche bei klinischem Verdacht mittels Duplexsonographie nachgewiesen wurde.

2.6 Minor- und Majorkomplikationen

Die Daten der im Zeitraum von Mai 2006 bis August 2015 behandelten 65 Patienten wurden retrospektiv ausgewertet. Der Fokus lag hierbei auf dem technischen Outcome, dem klinischen Ergebnis sowie auf den aufgetretenen Komplikationen.

Das technische Outcome wurde als erfolgreiche Anlage einer Drainage zum Abfluss der Lymphflüssigkeit definiert. Der Zugangsweg, die Drainagröße sowie die Punktionstechnik wurden von dem Interventionalisten bestimmt und an die jeweiligen Begebenheiten wie Lage, Größe oder Kapsulierung der Lymphozelen angepasst.

Die Notwendigkeit weiterer Interventionen - erneuter CT-fluoroskopisch gesteuerter Drainagenanlagen oder laparoskopischer beziehungsweise offener Lymphozelenfensterungen - bei unzureichender Symptombesserung wurde festgehalten.

In einigen Fällen, insbesondere bei oberflächlicher Lage und ausreichender Größe, wurden die Lymphozelen bereits im Vorfeld durch die Kollegen der urologischen Abteilung sonographisch-gezielt drainiert.

Komplikationen wurden anhand der Quality Improvement Guidelines for Percutaneous Drainage/Aspiration of Abscess and Fluid Collections der Society of Interventional Radiology (SIR) eingeteilt (69). Differenziert wurde zwischen Major- und Minor-Komplikationen. Unter Minor-Komplikationen werden jene Komplikationen zusammengefasst, welche keiner Therapie bedürfen und/oder das Fehlen von Konsequenzen einschließen. Eine nächtliche stationäre Krankenhausaufnahme zur postinterventionellen Überwachung ist hier miteingeschlossen. Major-Komplikationen zeichnen sich durch das Erfordernis einer Therapie mit oder ohne verlängerte Hospitalisierung sowie einen dauerhaft ungünstigen Verlauf oder im ungünstigsten Fall durch den Tod aus. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Minor- und Majorkomplikationen laut SIR (52):

Tabelle 1: Minor- und Major-Komplikationen bei CT-gesteuerten Interventionen (52, 69)

Minor-Komplikationen	Major-Komplikationen
A: Keine Therapie, keine Konsequenzen	C: Therapie, Hospitalisierung <48h
B: Therapie, keine Konsequenzen (nächtlicher Krankenhausaufenthalt zur Überwachung eingeschlossen)	D: Therapie, ungeplante Zunahme an Behandlungsbedürftigkeit, Hospitalisierung >48h
	E: Dauerhaft ungünstiger Verlauf
	F: Tod

2.7 Datenerhebung und statistische Auswertung

Die Daten wurden an einem Befundungsarbeitsplatz am Institut für Klinische Radiologie am Universitätsklinikum München Großhadern erhoben. Es wurde das radiologische Informationssystem von Siemens (RIS) verwendet (Siemens Healthineers, Erlangen, Deutschland). Zur Erfassung, Speicherung und Befundung von radiologischem Bildmaterial kam das Picture Archiving and Communication System (PACS) der Firma Siemens zum Einsatz (Siemens Healthineers, Erlangen, Deutschland).

Folgende Daten wurden erfasst:

- Geburtsdatum
- Interventionsdatum
- Prostatektomieverfahren inkl. Operationsdatum
- Charakteristika der Lymphozelen
 - Anzahl
 - Seitenlage
 - Größe
- Klassifikation der Lymphozelen nach Khoder et al. (68)
- Anzahl der Interventionen pro Patienten
- Infektionszeichen
 - Klinisch
 - Serologisch
 - Radiologisch
- Einsatz sklerosierender Stoffe
- Hospitalisierungsdauer
- Notwendigkeit der postinterventionellen Lymphozelenfensterung
 - Laparoskopisch
 - Offen
- Dosislängenprodukt - prä-, peri-, postinterventionell
- mAs periinterventionell
- Anästhesieverfahren
- Lagerung und Zugangsweg
- Punktionstechnik

- Auftreten von Rezidiven
- Drainagenanzahl und -größe
- Komplikationen

Zur Auswertung wurde die Methode der deskriptiven Statistik angewandt. Die Datensammlung und anschließende Analyse wurde mithilfe der Software Microsoft Excel 365 (Version 2105, Build 14026.20308) durchgeführt. Für die Auswertung wurde der Mittelwert bzw. der Median inkl. Standardabweichung berechnet, zusätzlich wurden Häufigkeitsangaben in Prozentwerten errechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv, Lymphozelencharakteristika und Rezidivgeschehen

In die Studie wurden insgesamt 65 männliche Patienten eingeschlossen. Der Zeitraum, in welchem die erhobenen CT-fluoroskopisch gesteuerten Interventionen durchgeführt wurden, war von Mai 2006 bis August 2015. Alle Patienten wurden ausschließlich am Institut für Klinische Radiologie am Universitätsklinikum München behandelt. Das Patientenalter betrug im Mittel 66 ± 7 Jahre (44 bis 78 Jahre). Als primäre Voraussetzung für den Studieneinschluss galt eine vorangegangene radikale Prostatektomie, wobei 52 Patienten dies in Form einer offenen Prostatektomie mit iliakaler Lymphadenektomie erhielten, während die verbleibenden 13 Patienten einer laparoskopischen Prostatektomie inklusive iliakaler Lymphadenektomie unterzogen wurden.

Insgesamt wurden radiologisch 89 Lymphozelen detektiert, wobei linksseitige, rechtsseitige und mediane Lymphozelen unterschieden wurden. In der Verteilung waren die rechtsseitigen Lymphozelen mit 56% (n=50) führend, gefolgt von den linksseitigen Lymphozelen mit 38% (n=34). Nur 6% der Lymphozelen (n=5) zeigten eine mediane Lage (Abbildung 17).

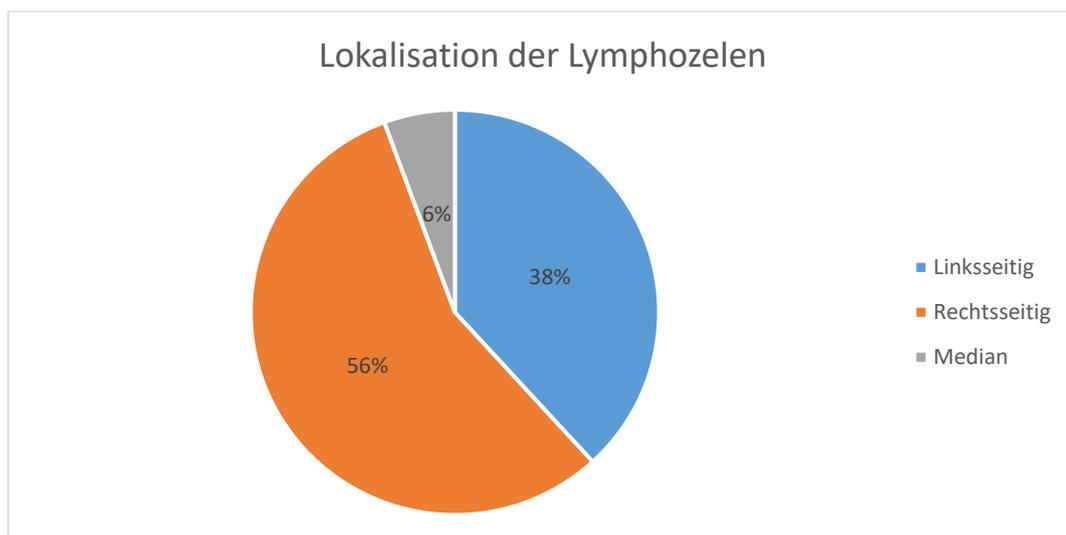


Abbildung 17: Lokalisation der Lymphozelen: linksseitig, rechtsseitig, median

Bei 49 Patienten (75%) zeigte sich mindestens eine rechtsseitige Lymphozele, bei 33 Patienten (51%) zeigte sich mindestens eine linksseitige Lymphozele und bei nur 5 Patienten (8%) konnte mindestens eine mediane Lymphozele festgestellt werden.

Die anatomische Lage der Lymphozelen wurde nach der Klassifikation von Khoder et al. in fünf unterschiedliche Typen und Mischtypen unterteilt. In dem Patientenkollektiv dieser wissenschaftlichen Arbeit wurde folgende Verteilung vorgefunden (68):

- Typ 1 (prim. paravesical): 2
- Typ 2A (prim. lateral pelvin): 48
- Typ 2B (prim. tief pelvin): 17
- Typ 3 (prim. prävesical): 5
- Typ 4 (pelvin mit retroperitonealer Ausdehnung): 15
- Gemischt: 2

Wie man in Abbildung 18 deutlich erkennen kann, bildet die Subgruppe der Typ 2A-Lymphozelen mit ca. 54% den mengenmäßig stärksten Anteil, gefolgt von den Typ 2B-Lymphozelen mit ca. 19% und den Typ 4-Lymphozelen mit ca. 17%. Hingegen sind Lymphozelen vom Typ 3 mit ca. 6% deutlich seltener vertreten. Absolute Minderheiten stellen mit jeweils ca. 2% die Typ 1-Lymphozelen sowie die gemischten Typen dar.

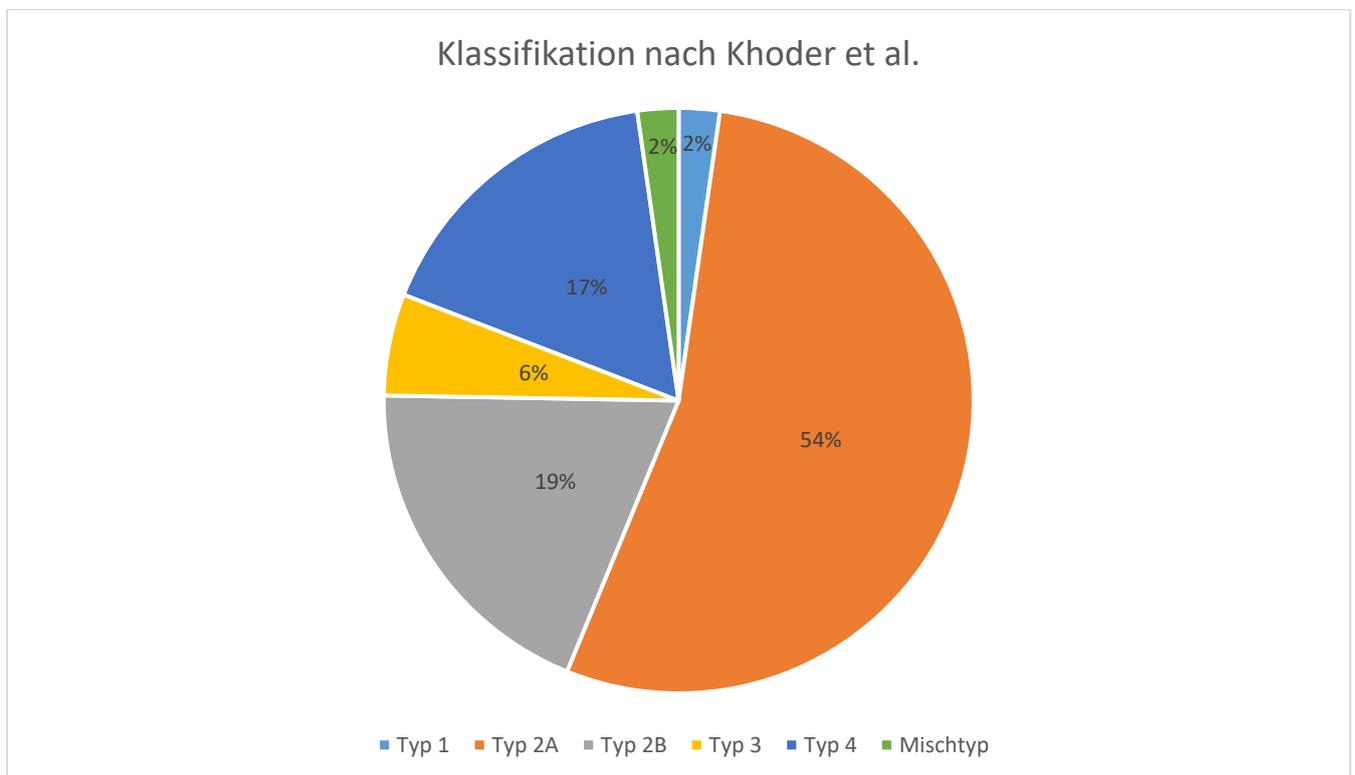


Abbildung 18: Klassifikation nach Khoder et al. (68): Typ 1, Typ 2A, Typ 2B, Typ 3, Typ 4, Mischtypen

Weiterhin wurden eine Unterteilung in primär detektierte Lymphozelen und rekurrente Lymphozelen nach initialer Lymphozelenfensterung vorgenommen. Hierbei präsentierten sich

63 Patienten (97%) mit primären Lymphozelen, während 2 Patienten (3%) zuvor eine Intervention im Sinne einer Lymphozelenfensterung erhalten hatten. Die vorliegende Verteilung lässt auf eine geringe Rezidivrate nach chirurgischen Marsupialisationen schließen, worauf in Kapitel 4.5 noch näher eingegangen wird.

Bezüglich der erneuten Interventionen bei Rezidivgeschehen kann festgehalten werden, dass 56 Patienten einer Intervention unterzogen wurden, 6 Patienten zwei Interventionen im Intervall hatten und weitere 3 Patienten insgesamt drei Mal eine CT-fluoroskopisch gesteuerte Lymphozelendrainage erhielten.

Die Lymphozelengröße im Rahmen der ersten Intervention umfasste im Durchmesser zwischen mindestens 3,5cm bis maximal 29cm. Durchschnittlich wiesen die Lymphozelen vor der Erstintervention einen maximalen Diameter von 9,1cm (\pm 4cm) auf.

Bei den erstmaligen Lymphozelen-Rezidiven konnte eine Spanne von mindestens 2,4cm bis maximal 8,6cm im maximalen Diameter gemessen werden. Der Mittelwert des Lymphozelendiameters betrug hier 6,2cm (\pm 1,8cm). Hier lässt sich deutlich erkennen, dass die Lymphozelengröße beim Rezidivgeschehen im Vergleich zum erstmaligen Auftreten ein wesentlich geringeres Ausmaß annimmt.

3.2 Interventionscharakteristika

Insgesamt wurden bei den 65 Patienten 77 CT-fluoroskopisch gezielte Interventionen durchgeführt.

Die verwendeten CT-Geräte im Studienzeitraum waren Siemens Somatom Definition Edge, Siemens Somatom Definition AS+ sowie Somatom Sensation 64 (Siemens, Erlangen, Deutschland).

Als bildgebendes Verfahren vor der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage wurde zur Planung die Computertomographie gewählt. Abhängig vom aktuellen klinischen Setting erfolgte unmittelbar präinterventionell bei 34 Interventionen eine Computertomographie mit und bei 43 Interventionen ohne Kontrastmittel. Kontrastmittel wurde verabreicht, wenn bei unklarer Symptomatik (Schmerzen, Entzündungszeichen) der Verdacht einer postoperativen Komplikation (Lymphozele, Hämatom, Superinfektion) gegeben war. Außerdem wurde bei 28 Interventionen bereits innerhalb der vorausgehenden 48 Stunden eine diagnostische Computertomographie durchgeführt. Lag somit bereits ein rezentes KM-CT vor, konnte auf eine weitere KM-Gabe im Rahmen des Planungs-CTs verzichtet werden.

Das Dosis-Längen-Produkt (DLP) wurde sowohl prä-, peri-, als auch postinterventionell erhoben. Das bedeutet, dass die Strahlenbelastung durch das radiologische Verfahren für die einzelnen Schritte:

1. Planung
2. Intervention
3. Kontrolle

vermerkt wurde und für die spätere Auswertung verglichen werden konnte. Die nachfolgende Tabelle 2 bietet eine Übersicht über die jeweiligen Dosis-Längen-Produkte mit der zusätzlichen Angabe der Minimal- und Maximalwerte.

Tabelle 2: Dosis-Längen-Produkt mit Mittelwert und Standardabweichung prä-, peri-, postinterventionell sowie gesamt

	Prä- interventionell	Peri- interventionell	Post- interventionell	Total
Mittelwert +	432 ±	55 ±	309 ±	796 ±
Standardabweichung in mGy*cm	180	58	159	95
Min in mGy*cm	146	6	112	145
Max in mGy*cm	1032	388	1046	1839
Median in mGy*cm	431	45	303	723

Die CT-Fluoroskopie (abhängig vom Patientengewicht und der erzielten CTF-Bildqualität) wurde in Low-Milliampere-Technik durchgeführt (83). Die entsprechende Verteilung der Milliampere-Sekunden periinterventionell können der Tabelle 3 entnommen werden. Daraus lässt sich ablesen, dass rund zwei Drittel der Interventionen (ca. 67,5%) mit 10mAs durchgeführt werden konnten. Weitere 14,2% bzw. 12,9% der CT-Fluoroskopien konnten mit 20mAs bzw. 25mAs durchgeführt werden. Ein Röhrenstrom-Zeit-Produkt von 15mAs und 30mAs wurde mit jeweils ca. 2,5% nur vereinzelt eingesetzt.

Tabelle 3: Röhrenstrom-Zeit-Produkt bei der CT-Fluoroskopie bei 77 Interventionen

mAs	Summe	Summe in %
10	52 (von 77)	67,5%
15	2 (von 77)	2,5%
20	11 (von 77)	14,2%
25	10 (von 77)	12,9%
30	2 (von 77)	2,5%

74 Interventionen (96%) wurden mittels Trokar-Technik (Direktpunktionstechnik) durchgeführt, bei 3 Interventionen (4%) wurde die Seldinger-Technik angewandt.

Im Zuge dieser 77 Interventionen bei 65 verschiedenen Patienten wurden insgesamt 92 Drainagen eingebracht, wobei bei 62 CT-fluoroskopisch gezielten Punktionen (81%) eine Drainage platziert wurde, während bei 15 Interventionen (19%) zwei Drainagen im Rahmen einer Sitzung eingebracht wurden.

Zur Anwendung kamen hier Drainagen der Größen 7-12 French. Die verwendeten Drainagen im Studienzeitraum waren die Boston Scientific Flexima (8-12F) und die Merit Resolve NL (7,5-12F) wie in Abbildung 4 zu sehen ist. Zur Veranschaulichung der Drainagengrößen wird auf die nachfolgende Abbildung 19 verwiesen.

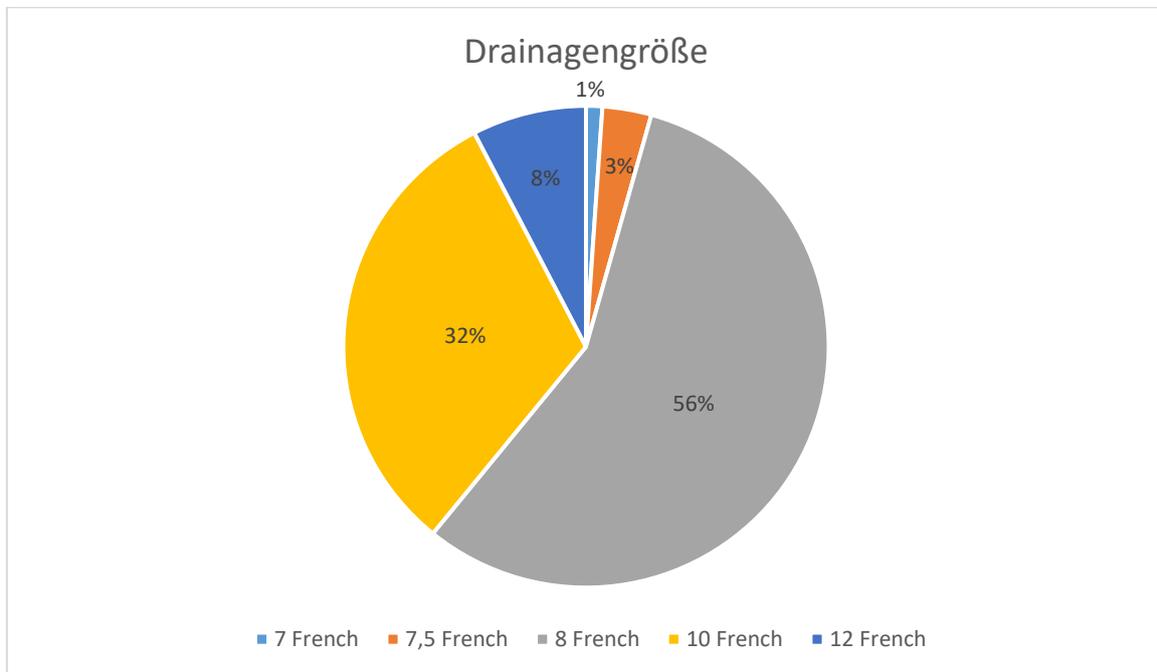


Abbildung 19: Drainagengrößen bei der CT-fluoroskopisch gezielten Anlage; von 7-12,5 French

Wie in Abbildung 19 zu sehen ist, wurde mit deutlicher Mehrheit (n=52) eine 8-French-Drainage eingesetzt. Weiterhin wurde bei 29 Fällen eine 10-French-Drainage herangezogen. Die anderen Größen von 7 (n=1), 7,5 (n=3) und 12 French (n=7) wurden nur in verhältnismäßig geringer Anzahl benötigt. Aufgrund der serösen Lymphozelen sind dünnere Drainagen meistens ausreichend.

3.3 Technisches Outcome und Rezidive

Erfreulicherweise war die CT-fluoroskopisch gezielte Drainagenanlage bei allen 77 Interventionen und somit in 100% der Fälle technisch möglich.

Eine erneute CT-gezielte Intervention bei demselben Patienten zu einem späteren Zeitpunkt war in 6 Fällen ein weiteres Mal und in 3 Fällen sogar zwei weitere Male notwendig.

Im Falle der Zweitintervention waren in ca. 66 % der Fälle (6 von 9) Interventionen derselben Lymphozele notwendig, das restliche Drittel benötigte eine CT-fluoroskopisch gezielte Drainagenanlage an einer anderen Lokalisation.

Im Falle der Drittintervention wurde bei allen 3 Patienten (100 %) eine bereits zuvor drainierte Lymphozele erneut interventionspflichtig.

Bei 33 Patienten (50,8%) wurde im weiteren Verlauf aufgrund eines Rezidivs eine Lymphozelenfensterung notwendig, wobei fast ausschließlich (n=32) eine laparoskopische Marsupialisation durchgeführt wurde, nur ein einziger Patient erhielt eine chirurgisch offene Lymphozelenfensterung.

3.4 Infektionszeichen

Im Rahmen des stationären Aufenthalts wurden folgende lymphozelen-assoziierte, klinische Komplikationen erhoben:

- Patienten mit Schmerzen
- Patienten mit Neuralgien
- Patienten mit (radiologisch) nachgewiesenen Thrombosen.

Wie man der Tabelle 4 entnehmen kann, wiesen 47 Patienten (72%) Schmerzen auf. Neuralgien und Thrombosen traten mit 5% bzw. 6% mit einer deutlich geringeren Inzidenz auf.

Tabelle 4: Klinische Komplikationen bei Patienten mit Lymphozelen: Schmerzen, Neuralgien, Thrombosen

	Patienten	%
Schmerzen	47	72
Neuralgie	3	5
Thrombose	4	6
Andere/keine Symptome	17	26

Radiologisch konnten außerdem folgende Infektionszeichen bei dem untersuchten Patientenkollektiv detektiert werden:

- randständige Kontrastmittelaufnahme/ Ring enhancement
- entzündliche Veränderungen im umliegenden Fettgewebe.

Die nachfolgende Tabelle 5 zeigt, dass radiologisch fassbare Infektionszeichen im Sinne einer randständigen Kontrastmittelaufnahme bei rund der Hälfte der Patienten (51%) auftraten. Hier ist allerdings zu erwähnen, dass 16 Patienten unmittelbar präinterventionell einen CT-Scan ohne Kontrastmittel erhalten hatten, wodurch das Phänomen des Ring Enhancements nicht verifizierbar war. Des Weiteren konnten Veränderungen im die Lymphozelen umgebenden Fettgewebe bei 27 Patienten (42%) nachgewiesen werden.

Tabelle 5: Radiologische Infektionszeichen bei Patienten mit Lymphozelen: Randständige Kontrastmittelaufnahme, Entzündliche Veränderungen des umliegenden Fettgewebes

	Patienten	%
Randständige Kontrastmittelaufnahme/ Ring enhancement	30 (16 unbekannt, da CT ohne KM)	46
Entzündliche Veränderungen im umliegenden Fettgewebe	27	42
Keine radiologischen Infektionszeichen	18	28

Die Abbildung 20 zeigt ein Beispiel einer - wie eben oben beschrieben - infiziert imponierenden Lymphozele mit randständiger Kontrastmittelaufnahme und verändertem Fettgewebe im unmittelbaren Lymphozelenumfeld.

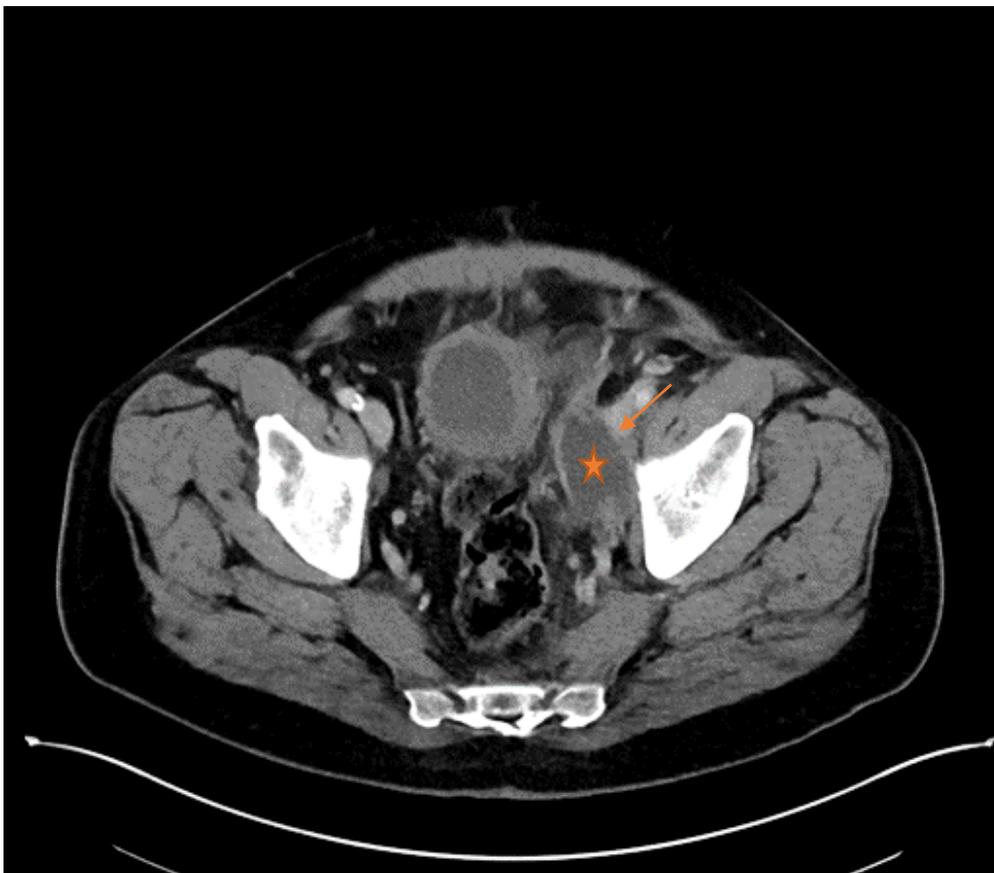


Abbildung 20: Randständige Kontrastmittelaufnahme und entzündliche Veränderung des umliegenden Fettgewebes

Auch in der Abbildung 21 kann man ein mildes Ring Enhancement einer großen Lymphozele mit einem maximalen Diameter von ca. 15cm erkennen.



Abbildung 21: Mildes Ring Enhancement bei einer großen Lymphozele (max. Diameter = 15cm)

Die nachfolgende Abbildung 22 zeigt ein weiteres Beispiel einer bildgebend verifizierten infizierten Lymphozele mit den typischen Merkmalen der randbetonten Kontrastmittelaufnahme sowie der entzündlich imponierenden Veränderung des Fettbettes.

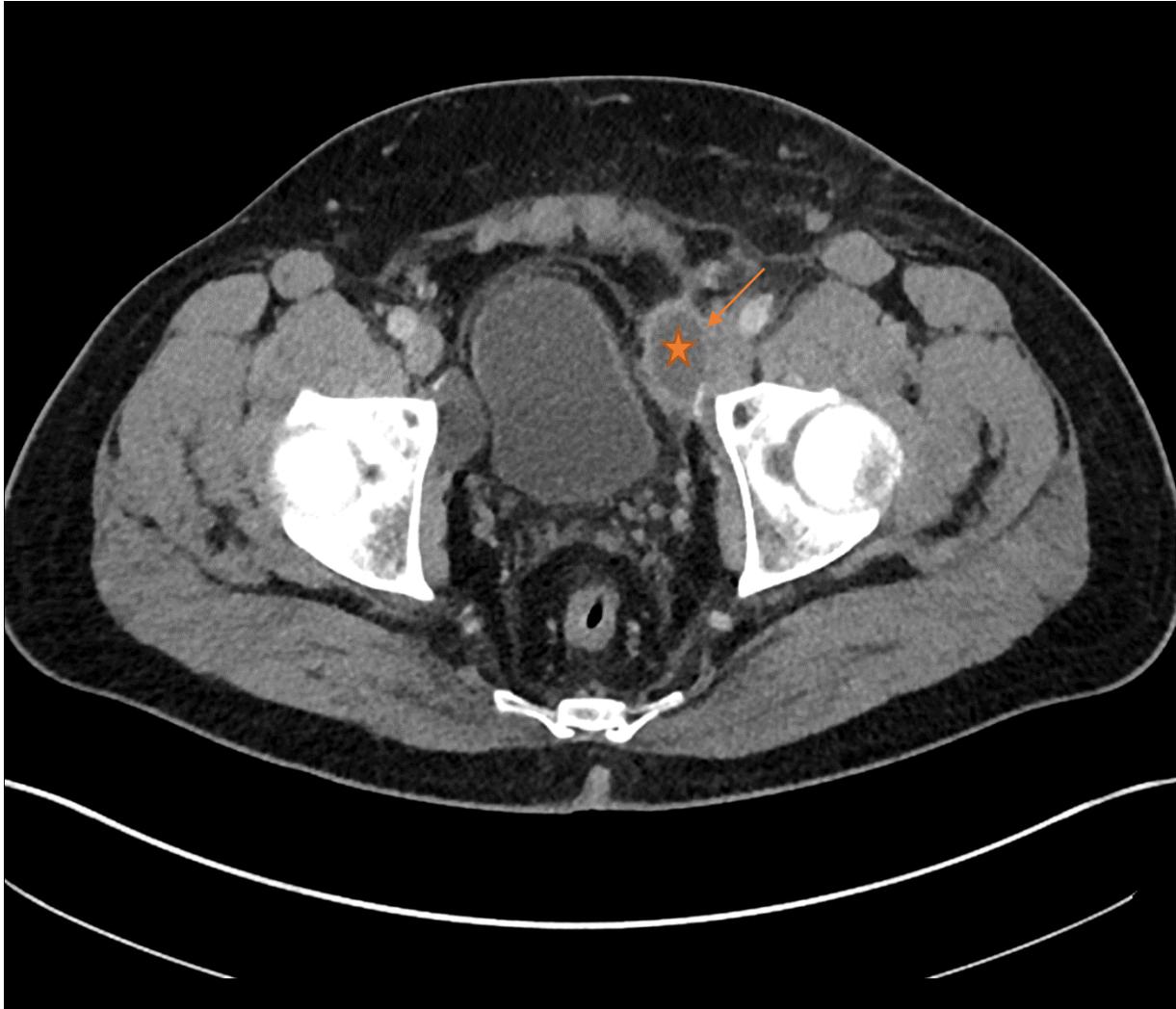


Abbildung 22: Ring Enhancement und entzündliche Veränderung des umliegenden Fettgewebes

Serologisch wurde bei den Patienten eine Erhöhung des CRP-Wertes sowie eine Leukozytose erhoben. Ein CRP-Wert von über 0,5mg/dl (nach den Standards der labormedizinischen Abteilung des Universitätsklinikums der LMU) wurde dementsprechend als erhöhter CRP-Wert gewertet. Eine Leukozytose wurde definiert als eine Leukozytenzahl über 9,8 G/L. Beide Parameter wurden als serologische Infektionszeichen gewertet und in die Datensammlung aufgenommen. Bei drei der 65 Patienten wurden die Werte im Rahmen des stationären Aufenthaltes nicht bestimmt und daher nicht in die entsprechende statistische Auswertung aufgenommen.

In der folgenden Tabelle 6 kann man sehen, dass der überwiegende Anteil der Patienten (84%) eine Auslenkung des CRP-Wertes über 0,5mg/dl aufwies.

Eine Leukozytose über 9,8G/L konnte hingegen nur bei 17 Patienten (27%) verzeichnet werden.

Tabelle 6: Serologische Infektionszeichen bei Patienten mit Lymphozelen: CRP-Wert, Leukozytose

	Patienten	%
CRP-Wert > 0,5mg/dl	52 (von 62)	84%
Leukozytose	17 (von 62)	27%

3.5 Komplikationen

Erfreulicherweise trat nur in einem Fall eine Komplikation im Rahmen der CT-fluoroskopisch gesteuerten Interventionen auf. Hierbei handelte es sich nach den Kriterien laut SIR (56, 52) um eine Minorkomplikation im Sinne eines Hämatoms am Blasendach ohne Therapie und ohne Konsequenzen. Zur Veranschaulichung der aufgetretenen Komplikation siehe Abbildung 23.

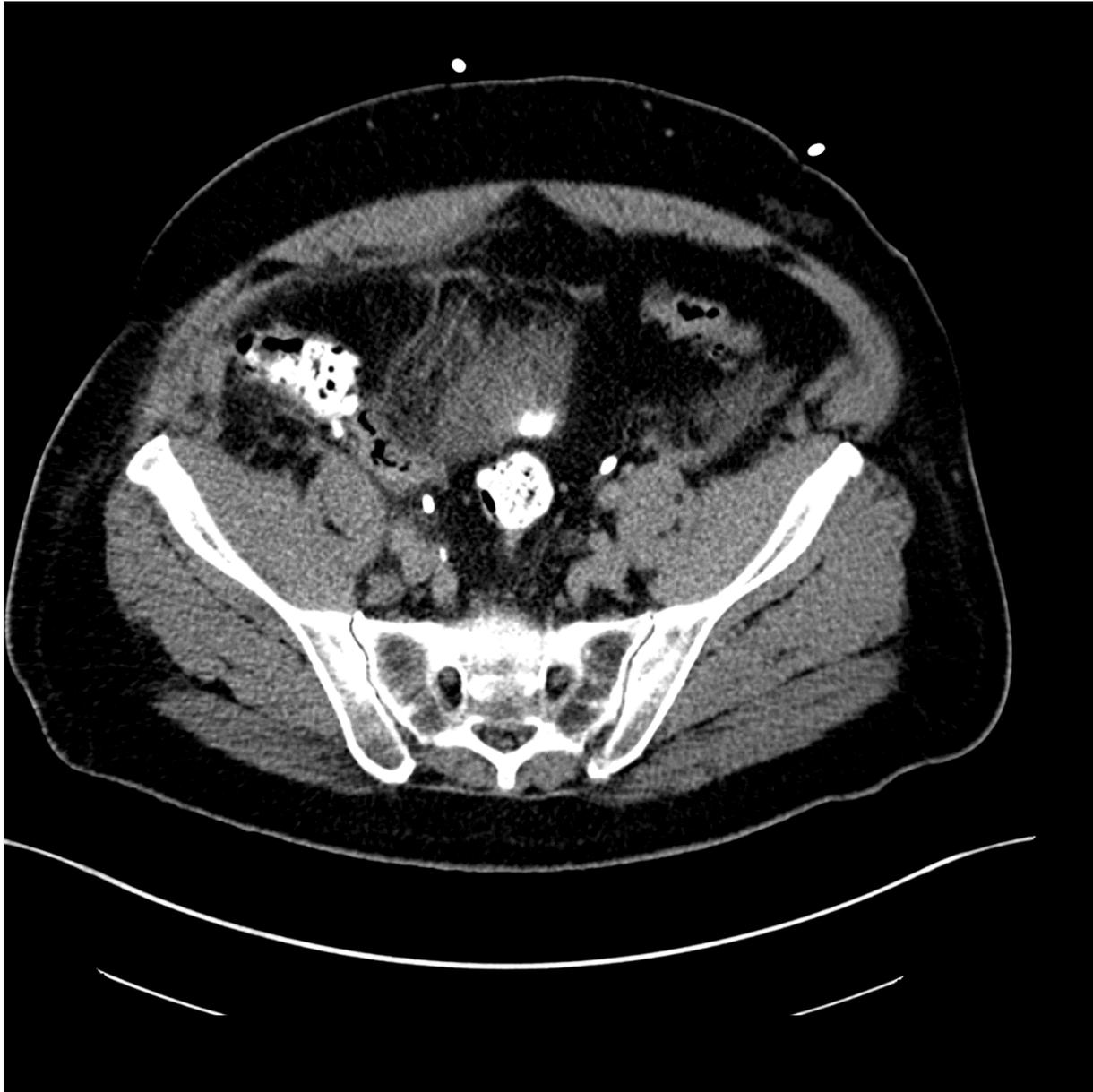


Abbildung 23: Komplikation im Rahmen der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage: Hämatombildung am Blasendach

3.6 Hospitalisierung

Im Anschluss an die erste Intervention wurde bei allen Patienten die Dauer des Krankenhausaufenthaltes bestimmt. Durchschnittlich verbrachten die Patienten nach der CT-fluoroskopisch gezielten Lymphozelendrainagenanlage $9 \pm 5,9$ Tage im Krankenhaus, wobei die minimale Aufenthaltsdauer bei 2 Tagen lag. Die längste Aufenthaltsdauer nach der Intervention belief sich auf insgesamt 25 Tage. Hier ist zu erwähnen, dass 4 Patienten innerhalb dieser Hospitalisierung nach Erstintervention ein zweites Mal eine CT-fluoroskopisch gezielte Intervention erhielten.

Die nachfolgende Abbildung 24 veranschaulicht die Verteilung der Hospitalisierungsdauer.

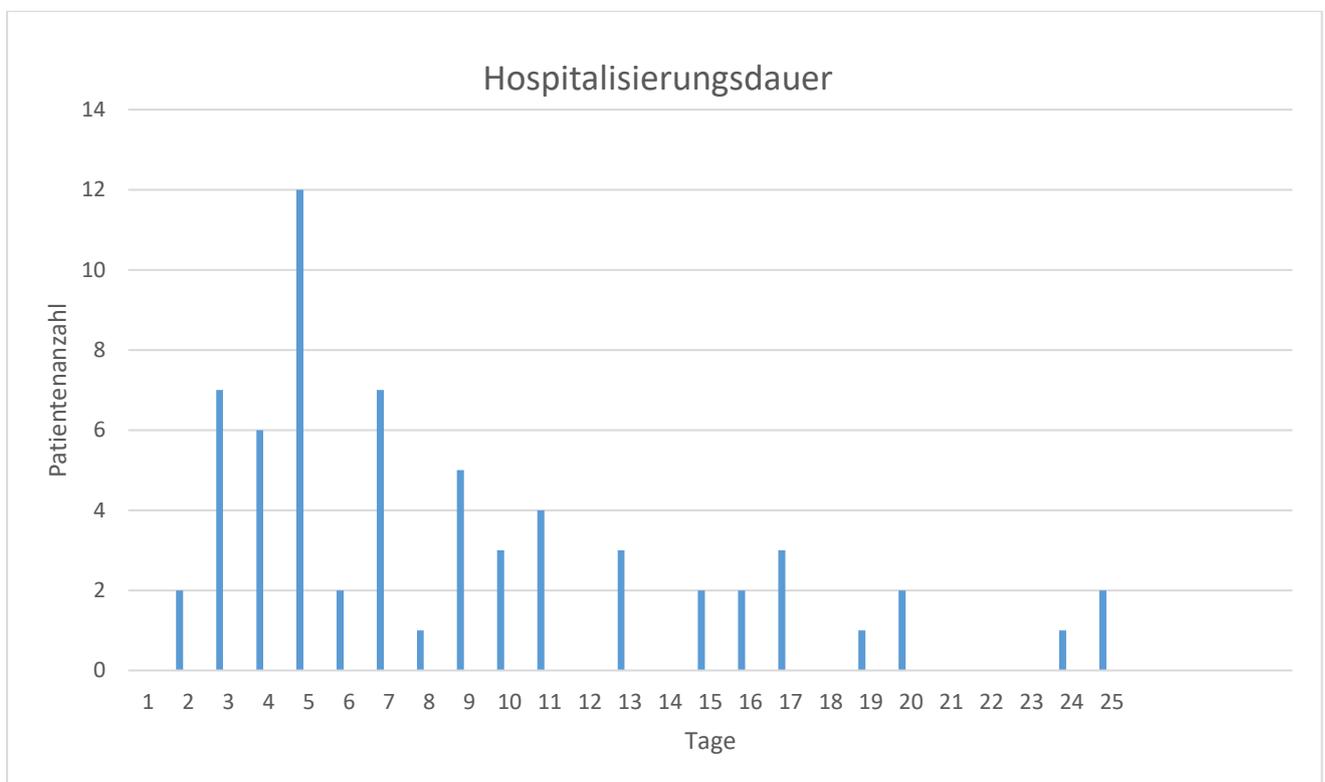


Abbildung 24: Hospitalisierungsdauer der Patienten nach der ersten Intervention

4 Diskussion

In dieser wissenschaftlichen Arbeit wurden klinische Ergebnisse, das technische Outcome, sowie die Komplikationen im Rahmen der CT-fluoroskopisch gezielten Drainagenanlagen bei Patienten mit symptomatischen postoperativen Lymphozelen in einer retrospektiven Studie erfasst. Das Patientenkollektiv schloss 65 männliche Patienten nach radikaler Prostatektomie in einem 9-Jahres-Zeitraum ein, welche postoperativ eine oder mehrere Lymphozelen entwickelten.

Zusammenfassend kann ein sehr gutes Resultat der Studie präsentiert werden. Die computertomographisch-fluoroskopisch gesteuerte Drainagenanlage konnte bei allen Interventionen (n = 77; 100%) an den Patienten (n = 65) durchgeführt werden. Ein technisches Versagen im Sinne einer nicht möglichen Platzierung der Drainage in der Lymphozele konnte erfreulicherweise in keinem Fall verzeichnet werden. Aufgrund von Rezidiven der Lymphozele(n) musste der Eingriff bei einer geringen Patientenzahl (n = 6) einmal und bei weiteren drei Patienten (n=3) zwei Mal wiederholt werden.

Im längerfristigen Verlauf erfolgte bei rund der Hälfte der Patienten (50,8%) eine Marsupialisation in Form einer offenen oder laparoskopischen Operation (Lymphozelenfensterung).

Im Rahmen aller 77 Interventionen ereignete sich keine der in Tabelle 1 beschriebenen Major-Komplikationen gemäß der SIR/CIRSE-Klassifikation (52). Hier kann dementsprechend festgehalten werden, dass weder therapiebedürftige Komplikationen noch Todesfälle eingetreten sind.

Bei einer einzigen CT-fluoroskopisch gezielten Drainagenanlage bildete sich im Anschluss an die Intervention ein Hämatom am Blasendach, welches keiner weiteren Behandlung bedurfte und somit als Minor komplikation zu werten ist. Die Verlaufskontrollen diesbezüglich wurden sonographisch durchgeführt.

4.1 Prognose in Abhängigkeit von der Behandlungsmethode

Perkutane Verfahren wie die Drainagenanlage weisen eine initiale Heilungsrate von bis zu 80% auf, jedoch werden je nach Quelle Rezidivraten von bis zu 90% beschrieben (1, 3, 34).

Die Sklerotherapie weist mit 77 bis 98% ebenfalls eine gute initiale Heilungsrate auf. Hier fällt allerdings auf, dass der Erfolg des Verfahrens maßgeblich mit der Größe der Lymphozele in Zusammenhang steht. Größere Lymphozelen tendieren stärker dazu im weiteren Verlauf Komplikationen bzw. Rezidive zu verursachen. Vor allem das Auftreten von Rezidiven limitiert daher den Einsatz der perkutanen Therapieoption bei sehr großen Lymphozelen (1, 68, 34).

In einer Studie von Alago et al. wird die perkutane Katheter-Drainage als effektive Methode zur Behandlung von Lymphozelen beschrieben, die Sklerotherapie solle allerdings prolongierten Fällen vorbehalten sein. Außerdem kommt die Studie zu dem Schluss, dass die initiale Lymphozelengröße kein akkurater Prädiktor in Bezug auf die Drainagenliegedauer oder die Notwendigkeit des Einsatzes sklerosierender Stoffe ist (71).

Die chirurgische Therapie durch laparoskopische oder offene Lymphozelenmarsupialisation ist die invasivste Option und besonders refraktären Lymphozelen vorbehalten. Im Rahmen des operativen Eingriffs können Verletzungen der umgebenden Strukturen im Beckenbereich mit anschließenden daraus resultierenden Komplikationen auftreten (6, 33). Dem gegenüber steht allerdings eine im Vergleich zu den perkutanen Behandlungsmöglichkeiten geringe Rezidivrate. Lucewicz et al. präsentieren in ihrer Arbeit zum Management symptomatischer Lymphozelen (allerdings nach Nierentransplantationen) eine Rezidivrate von ca. 8-16% nach operativer Sanierung (72). Khoder et al. haben in ihrer Studie zu Marsupialisationen bei Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie bei 105 Patienten und einem medianen Follow-Up von 19 Monaten 3 Rezidive detektiert (68).

4.2 CT-gesteuerte Lymphozelen-Interventionen

CT-gesteuerte Drainagenanlagen bei symptomatischen Lymphozelen werden nach verschiedenen operativen Eingriffen, bei welchen es im nachfolgenden Verlauf zu Lymphabflussstörungen kommt, durchgeführt.

In dieser Arbeit wird lediglich auf Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie mit iliakaler Lymphadenektomie eingegangen. Lymphozelen treten jedoch, wie von Todokoro et al. in der Studie aus dem Jahre 2013 (zur effektiven Behandlung von Lymphozelen) (21) oder Stukan et al. (in der Arbeit zu Patienten-kontrollierten Kathetern bei Aszites und Lymphozelen) (73) beschrieben, auch nach gynäkologischen Operationen auf.

Weiterhin kann man das Auftreten von Lymphozelen, wie von Krol et al. (74) oder Chin et al. (75) beschrieben, gehäuft nach Nierentransplantationen beobachten.

Es lässt sich also zusammenfassen, dass die Schädigung oder operative Manipulation von Lymphgefäßen und Lymphknoten bzw. deren Entfernung im kleinen Becken die Grundlage zur Entstehung von Lymphozelen ist.

Wie von Wallace et al. (52) in den „Quality Improvement Guidelines for Percutaneous Drainage/Aspiration of Abscess and Fluid Collections“ zusammengefasst, definiert sich die Notwendigkeit einer CT-gezielten Intervention durch folgende in Tabelle 7 angeführte Kriterien:

Tabelle 7: Kriterien zur Indikationsstellung einer CT-gezielten Punktion oder Drainage einer Flüssigkeitsansammlung

1.	Verdacht auf infizierte Flüssigkeitsansammlung oder Flüssigkeit durch Fistelbildung
2.	Notwendigkeit der Flüssigkeitscharakterisierung
3.	Symptome durch Flüssigkeitsansammlung
4.	Temporäre Intervention vor endgültiger chirurgischer Sanierung
5.	Additiv, um das Outcome nachfolgender Eingriffe zu verbessern

Die computertomographisch-gesteuerten Drainagenanlagen der 65 Patienten unterlagen diesen Indikationsstellungen. Es ist zu erwähnen, dass bei den analysierten Fällen nicht stets eine einzelne Indikation gegeben war. Häufig wurde die Intervention aufgrund mehrerer vorliegender Voraussetzungen gemäß der o.g. Definition durchgeführt.

Die CT-gesteuerte Drainagenanlage kann aufgrund der eigenen Ergebnisse und der Daten in der Literatur als adäquate Intervention in der initialen Versorgung von Lymphozelen definiert werden (41, 44, 71).

Auch wenn im weiteren Verlauf gehäuft Rezidive (72) auftreten und die Notwendigkeit einer Marsupialisation gegeben ist, sollte die perkutane Lymphozelendrainage als First-line-Therapie in Betracht gezogen werden (41). Die perkutane Drainagenanlage ist - wie auch diese Arbeit zeigt - eine technisch sichere und effektive Methode zur akuten Entlastung der Lymphozele.

Als alternatives, bildgebendes Verfahren ist die Sonographie zu erwähnen. Das Fehlen der Strahlenexposition verschafft der ultraschall-gezielten Punktion einen deutlichen Vorteil. Diskutiert wird außerdem die Zeitersparnis im Rahmen sonographisch-gezielter perkutaner Interventionen. In einer Arbeit von Sheafor et al. bzgl. Zeitaufwand bei ultraschall-gezielten vs. CT-fluoroskopisch gezielten perkutanen Interventionen wird festgehalten, dass die tatsächlichen Unterschiede in den Verfahrenszeiten gering waren (76).

Hinzu kommt, dass das Ultraschallgerät im Gegensatz zum CT-Gerät portabel ist und bei Bedarf unter geringem Aufwand an einen anderen Ort gebracht werden kann (77).

Allerdings weist die sonographisch-gesteuerte Punktion auch einige wesentliche Nachteile auf. Die Anwendung der Sonographie ist zum einen bei Läsionen in der Körpertiefe nur eingeschränkt möglich, zum anderen ist die Darstellung der entsprechenden Strukturen bei Luftüberlagerung (wie beispielsweise durch Darmgas) deutlich limitiert (78). Aus ebengenannten Gründen ist die Verwendung des Ultraschalls auch bei adipösen Patienten nur eingeschränkt möglich.

Außerdem können die im Rahmen der Intervention aufgetretenen akuten Komplikationen wie beispielsweise Blutungen oder Perforationen in der Computertomographie deutlich besser detektiert werden als in der Sonographie (78).

4.3 Vorteile der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage

Wie bereits in Kapitel 2.1.2 angeführt, werden im Wesentlichen zwei unterschiedliche bildgebende Steuerungstechniken der CT-gezielten Intervention unterschieden.

Zum einen besteht die Möglichkeit des konventionellen, sequenziellen CT-gesteuerten Vorgehens, zum anderen des Einsatzes der CT-Fluoroskopie, auf welche im Rahmen dieser Studie ausschließlich zurückgegriffen wurde.

Interventionen CT-gezielt durchzuführen ist kein neues Konzept. Vor 45 Jahren wurde die CT erstmals zur Steuerung von Interventionen eingesetzt (79).

Bei der sequenziell CT-gesteuerten Intervention werden während des Eingriffs wiederholt umschriebene (diagnostische) CT-Spiralen angefertigt.

Der durchführende Interventionalist kann das Instrument (z.B. Nadel/Drainage) allerdings nur schrittweise vorschieben, muss den Interventionsraum für die nächste CT-Aufnahme verlassen und seine Tätigkeit im Anschluss wieder aufnehmen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode ist die fehlende Strahlenbelastung für den Interventionalisten. Dem gegenüber steht allerdings die dadurch verlängerte Interventionszeit für den Patienten. Außerdem ergibt sich hierdurch potentiell die Schwierigkeit der Interventionen an beweglichen Organen wie beispielsweise der Lunge oder des atemverschieblichen Thorax, da keine Lagekontrolle des Instruments in Echtzeit erfolgt (80).

In den letzten Jahren kommt die CT-Fluoroskopie immer häufiger für diverse diagnostische und therapeutische Eingriffe zum Einsatz. Im American Journal of Roentgenology sowie im Journal Radiology wurden kurz vor der Jahrtausendwende einige Studien veröffentlicht, welche die CT-Fluoroskopie als verlässlich und sicher bestätigen (81, 82).

Die CT-Fluoroskopie ermöglicht eine Visualisierung nahezu in Echtzeit (80), was bedeutet, dass der Interventionalist während des Eingriffs kontinuierlich bildgebende Kontrollen der aktuellen Lage und Platzierung des in den Patienten eingebrachten Instruments hat. Somit können trotz atembedingter Verschiebungen der Patientenanatomie notwendige Positionsänderungen durchgeführt werden, was die Wahrscheinlichkeit fataler Komplikationen wie Organ-/Gefäßverletzungen potenziell verringert.

Im Vergleich zur sequenziellen Computertomographie ist ein deutlicher Zeitgewinn zu verzeichnen (83), da keine Pausen zur Anfertigung von CT-Bildern gemacht werden müssen.

In einer Studie von Carlson et al. (83) aus dem Jahre 2001 wurde von einer Zeitersparnis von 32% bei der CT-Fluoroskopie im Vergleich zum konventionellen Prozedere mittels sequenzieller CT berichtet.

Weiter bietet die CT-fluoroskopisch gezielte Methode den Vorteil einer geringeren Strahlenexposition für den Patienten. In der im Jahre 2016 im Journal of Vascular and Interventional Radiology veröffentlichten Studie zu CT-gezielten Lungenbiopsien von Yarmohammadi et al. (84) konnte gezeigt werden, dass die Strahlenbelastung gemessen anhand des DLP des Patienten bei CT-fluoroskopisch gezielten Biopsien im Vergleich zur konventionellen Methode signifikant niedriger war.

Eine spezielle Technik der CT-Fluoroskopie ist die Quick-Check-Methode. Durch deren zunehmende Anwendung konnte die Strahlendosis sowohl für die Patienten als auch für das Personal erheblich reduziert werden. Im Gegensatz zur kontinuierlichen CT-Fluoroskopie werden bei der Quick-Check-Methode mit Low-Milliampere-Technik nur intermittierend bildgebende Kontrollen durchgeführt (59, 85). In einer Studie von Paulson et al. aus dem Jahre 2001 konnte gezeigt werden, dass durch die Anwendung der Quick-Check-Methode und Milliampere-Technik sowohl die Interventionsdauer als auch die Strahlenexposition deutlich gesenkt werden können (85).

Unbestritten ist die Bildqualität, wie beispielsweise in Abbildung 1 zu sehen ist, bei diesem Verfahren aufgrund der schlechteren Auflösung herabgesetzt. Wichtige Zielstrukturen können dennoch problemlos erkannt werden.

Außerdem wird im Vorfeld eine CT-Planungsserie angefertigt, welche, wie beispielsweise in Abbildung 7, Abbildung 9, Abbildung 11, Abbildung 13 und Abbildung 15 zu sehen ist, eine deutlich höhere Bildqualität aufweist.

4.4 Nachteile der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage

Als einziger wesentlicher Kritikpunkt der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage wurde in der Literatur wiederholt die Strahlenexposition des Interventionalisten hervorgehoben. Bei der konventionellen sequenziellen Methode verlässt der Radiologe den Eingriffsraum während neuerlich CT-Bilder angefertigt werden und ist somit keiner Strahlenexposition ausgesetzt. Dahingegen verbleibt der Interventionalist bei dem CT-fluoroskopischen Verfahren mit dem Patienten im Eingriffsraum und ist dadurch der Strahlung ausgesetzt (86).

Mit der Einführung der Quick-Check-Methode und der Anwendung der Milliampere-Technik, bei welcher die Röhrenstromstärke stark reduziert wurde, ist eine deutliche Minimierung der Strahlenexposition erzielt worden (85, 83).

Zur Optimierung der Interventionsverhältnisse stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen kommt in neueren CT-Geräten die Angular Beam Modulation zum Einsatz. Hier wird durch das Abschalten der CT-Röhre in einem 120° Sektor im Bereich der Hände des interventionellen Radiologen eine Schonung der Hände bewirkt. In einer Studie von Hohl et al. (54) konnte durch die Anwendung der Angular Beam Methode eine Dosisreduktion betreffend die Hände des Radiologen um bis zu 72% erzielt werden. Zum anderen konnte mittels Angular Beam Modulation auch die Patientendosis deutlich reduziert werden.

Als weitere Verbesserung hinsichtlich Strahlenexposition ist die Verwendung von empfindlichen Detektoren wie z.B. des Stellar Detektors zu nennen. Im Gegensatz zu älteren Modellen wird durch eine Optimierung der Signalverarbeitung eine Dosisreduktion erzielt (87).

Um die Strahlenexposition weiter zu minimieren, werden zusätzlich passive Schutzmaßnahmen angewendet. Jene beinhalten das Anbringen von Bleiglaswänden zwischen dem interventionellen Radiologen und dem Patienten, das Auflegen von Bleimatten auf den Patienten sowie das Tragen von Schutzausrüstung wie Bleischürzen, Bleihandschuhen, Schilddrüsenschutz und Brillen.



Abbildung 25: Strahlenschutzrüstung: Schilddrüsenchutz, Brille, Bleischürze, Bleihandschuhe (88)

Auch die Verwendung langer Nadelhalter dient der Reduktion der Strahlenexposition, da die Hände des Interventionalisten dadurch aus dem primären Strahlengang genommen werden können.

Miller et al. präsentieren sowohl in „Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures“ (89) als auch in „Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology: proposed initial values for U.S. practice“ (90) Richtlinien und Zielwerte bzw. Maximalwerte bezüglich Strahlenexposition.

4.5 Operative Sanierung: Laparoskopische Lymphozelenfensterung als Alternative

Therapeutisch können symptomatische Lymphozelen neben der CT-gezielten Drainagenanlage auch operativ versorgt werden.

Die laparoskopische Lymphozelenfensterung stellt eine Alternative bei Lymphozelen dar, bei welchen es zu rezidivierenden Ansammlungen von Lymphflüssigkeit kommt und keine ausreichende Versorgung mittels Drainage möglich ist. Verglichen mit einer offenen Operationstechnik bietet die laparoskopische Verfahrensweise sowohl technische als auch klinische Vorteile (33).

Khoder et al. präsentieren in der im Jahre 2012 veröffentlichten Studie „Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy“ (68) - neben der in dieser Arbeit angewandten Lymphozelenklassifikation - die laparoskopische Marsupialisation als sichere und einfache Methodik zur Therapie der Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie. Auch in der First-line-Therapie kann laut Khoder et al. eine laparoskopische Lymphozelenfensterung bei großen, symptomatischen und/oder rezidivierenden Lymphozelen erfolgen.

Da der Lymphozeleninhalt bei der Marsupialisation nach intern in das kleine Becken abgeleitet wird, ist dieses Verfahren bei infizierten Lymphozelen nicht möglich (68). Dies stellt einen wesentlichen Nachteil der Fensterung dar.

Ein eindeutiger Vorteil der Lymphozelenfensterung ist das wesentlich geringere Rezidivrisiko. Lucewicz et al. beschreiben in ihrem Review zum Management von primären symptomatischen Lymphozelen nach Nierentransplantationen eine Rezidivrate zwischen 8 und 16% nach laparoskopischer oder offener Lymphozelenfensterung, während die Rezidivrate der Lymphozelen nach alleiniger Aspiration, allerdings ohne Drainagenanlage, bei 59% lag (72).

Die hohe Rezidivrate der alleinigen Versorgung durch Drainagenanlage bestätigt sich auch in dieser Arbeit, da Lymphozelenfensterungen im weiteren Verlauf bei 51% der Patienten durchgeführt werden mussten.

Mehrere jüngere Studien kommen zu dem Resultat, dass die laparoskopische Marsupialisation eine gute Therapieoption bei großen, nicht-infizierten, symptomatischen Lymphozelen oder bei Rezidiven ist. Komplikationen treten hier nur selten auf und auch die Notwendigkeit eines

Zweiteingriffs aufgrund von Rezidiven nach Marsupialisation tritt nur in geringer Anzahl auf. Der operative Eingriff wird hinsichtlich der Komplikationsrate als sicher und technisch einfach durchführbar beschrieben (68, 41, 91).

4.6 Limitationen der Studie

Im folgenden Abschnitt sollen die Limitationen der Studie beleuchtet werden.

Zuerst ist zu erwähnen, dass es sich in der abgehandelten Arbeit um eine retrospektiv angelegte Studie handelt. Zur Datensammlung wurden computertomographische Untersuchungen, welche zur Diagnostik oder Behandlung der Lymphozelen durchgeführt wurden, gesichtet, sowie ärztliche Epikrisen und Befunde (Labor, bildgebende Diagnostik, zytologische und mikrobielle Untersuchungen) der entsprechenden Patienten herangezogen. Es bestand kein Patientenkontakt mit persönlicher Dokumentation und Evaluierung der entsprechenden Daten. Aufgrund der retrospektiven Datensammlung konnten manche, rückblickend für diese Arbeit interessante Informationen wie beispielsweise die Erhebung des Schmerzniveaus oder der exakte Symptombeginn, nicht aus den vorliegenden Daten erhoben werden.

Weiterhin handelt es sich hier um ein monozentrisches Studiendesign. Alle 65 Patienten wurden am Universitätsklinikum München am Institut für Klinische Radiologie behandelt. Patienten anderer Kliniken oder Institute wurden nicht eingeschlossen. Vorteile einer multizentrischen Studie wären eine größere Patientenzahl (im Hinblick auf zentrumsspezifische Unterschiede bzgl. OP-Technik der PE und verwendeten CT-Geräte) sowie eine größere Anzahl von durchführenden interventionellen Radiologen (im Hinblick auf mögliche zentrumsspezifische Unterschiede bzgl. der verwendeten Punktionstechnik, CTF-Durchleuchtungsdosis, Erfahrungsniveau).

Die Studie wurde als retrospektive Studie angelegt, eine prospektive randomisierte Studie (beispielsweise versus US-gesteuerter Drainagenanlage) wäre im Sinne der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Interventionsmöglichkeiten zu bevorzugen. Vor- und Nachteile der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage insbesondere im Hinblick auf die Strahlenbelastung, die Anwendungsmöglichkeit bei unterschiedlichen Lokalisationen der Lymphozelen und den Patientenkomfort wären dadurch besser zu erheben.

Abszesse wurden aus der Studie ausgeschlossen. Dies beinhaltet auch Flüssigkeitsansammlungen, die vermutlich vormals bestehende Lymphozelen waren, welche sich infiziert hatten und schließlich als Abszess detektiert und dementsprechend definiert wurden. Es ist anzunehmen, dass die Komplikationsrate bei Einschluss jener höher ausgefallen wäre.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Lymphozelen treten unter anderem bei Patienten nach radikaler Prostatektomie mit Lymphadenektomie auf. Sie können anhand der Lokalisation in unterschiedliche Typen (68) eingeteilt werden. Bei entsprechender Symptomatik wie Schmerzen, systemischen Entzündungszeichen oder Thrombosen durch eine Abflussbehinderung bedürfen jene Lymphozelen einer Therapie.

Therapeutisch kann initial vor einer operativen Sanierung mittels Lymphozelenfensterung, aber auch unabhängig davon eine CT-fluoroskopisch gezielte Drainagenanlage zur Entlastung der Lymphozele durchgeführt werden. Im Unterschied zur konventionellen sequenziellen CT-gezielten Methode kann durch die Fluoroskopie eine raschere und sicherere Durchführung der Intervention gewährleistet werden. Wie Daly et al. (80) in der Studie zu Real-time CT-fluoroscopy beschreiben, birgt die CT-Fluoroskopie vor allem in den Bereichen Interventionssicherheit (insbesondere beweglicher Strukturen), Interventionszeit und Instrumentenführung deutliche Vorteile.

Hinsichtlich der Strahlenbelastung muss die Quick-Check-Methode und die Low-Milliampere-Technik, die auch zur Behandlung der Patienten dieser Arbeit herangezogen wurden, empfohlen werden. Wie bereits Paulsen et al. (85) zeigen konnten, können durch die Anwendung dieser Methoden sowohl die Interventionszeit als auch die Strahlenbelastung deutlich gesenkt werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem technischen Outcome, sowie den klinischen Ergebnissen und den Komplikationen im Rahmen der CT-fluoroskopisch gezielten Drainagenanlage bei symptomatischen Lymphozelen.

Es wurde ein retrospektives, monozentrisches Studiendesign gewählt.

Insgesamt wurden die Datensätze von 65 männlichen Patienten, welche im Zeitraum von Mai 2006 bis August 2015 an der Universitätsklinik der LMU am Institut für Klinische Radiologie behandelt wurden, erhoben und ausgewertet.

Aus technischer Sicht konnten alle 77 Interventionen erfolgreich durchgeführt werden. Aufgrund der 100%igen technischen Erfolgsrate kann festgehalten werden, dass alle Patienten von einer primären Versorgung durch eine perkutane Drainagenanlage profitierten. Auch Lymphozelen in der Tiefe konnten durch die CT-fluoroskopisch gezielte Methode problemlos

punktiert werden, was bei anderen bildgebenden Verfahren wie der Sonographie aufgrund der geringeren Eindringtiefe des Ultraschallgerätes nicht möglich ist.

Im weiteren Verlauf wurde bei 50% der Patienten eine (laparoskopische) Marsupialisation durchgeführt. Dieses Ergebnis deutet auf eine höhere Rezidivrate nach Drainagenanlage hin. Im Vergleich zur operativen Sanierung durch eine Lymphozelenfensterung mit einer Rezidivrate zwischen 3% und 16% (68, 72) unterliegt die radiologische hier der chirurgischen Methode. Allerdings erfordert die Anwendung der Marsupialisation das Vorhandensein nicht-infizierter Lymphozelen (68).

Anhand der eigenen Daten kann festgestellt werden, dass die Notwendigkeit der späteren operativen Marsupialisation in Zusammenhang mit dem Lymphozelen-Typen nach Khoder et al. (68) steht. Während in der Gesamtheit der Lymphozelen der Typ 2A mit ca. 54% repräsentiert ist, findet sich dieser Typ im Rahmen der operativen Sanierungen bei Rezidivgeschehen bei 64% der Patienten. Die anderen Typen sind hier dementsprechend ähnlich zur Gesamtheit oder etwas geringer abgebildet.

Ein Zusammenhang zwischen der initialen Lymphozelengröße und der operativen Versorgung durch die Lymphozelenfensterung bei Rezidivgeschehen konnte anhand dieser Daten nicht gefunden werden.

Hervorzuheben ist, dass durch die primäre interventionell radiologische Methode bei der Hälfte der Patienten eine operative Therapie eingespart werden konnte und eine reine Versorgung mittels Drainagenanlage als Therapie der Lymphozele ausreichend war.

Die Invasivität der Behandlung muss ebenfalls berücksichtigt werden. Wie aus den Daten dieser Arbeit zu erheben ist, kann aufgrund der geringen Invasivität eine sehr niedrige Komplikationsrate abgeleitet werden. Es traten keinerlei Major-Komplikationen auf (52). Bei einer Intervention kam es zu einer Minor-Komplikation im Sinne eines Hämatoms am Blasendach, welches keiner weiteren Therapie unterzogen werden musste.

Dennoch kann auch die primäre Versorgung mittels laparoskopischer Marsupialisation als Therapieoption gewählt werden (92, 93). In der Literatur wird jedoch zumeist eine primäre Versorgung mittels perkutaner Drainagenanlage und erst im Falle eines Rezidivs eine Marsupialisation empfohlen (68, 41).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die CT-fluoroskopisch gesteuerte Drainagenanlage bei symptomatischen Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie eine

technisch sichere Therapiemethode darstellt und als primäres Therapieverfahren gewählt werden kann.

6 Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Christoph G. Trumm für die stets gute Zusammenarbeit, das Vertrauen in meine ärztlichen und wissenschaftlichen Kompetenzen, das Einführen in den wissenschaftlichen Tätigkeitsbereich, sowie die außerordentlich gute Begleitung bis zur Fertigstellung der Arbeit bedanken.

Außerdem möchte ich meinem Betreuer Dr. med. Melvin D’Anastasi für die denkanstoßenden Rückmeldungen und Gespräche als auch die Unterstützung bei der Aufarbeitung des Themenkomplexes auf diesem Wege mein Dankeschön ausdrücken.

Des Weiteren danke ich Dr. Abdulmajeed Abdullah Alghamdi für die Unterstützung im Rahmen der Datenerhebung sowie Prof. Dr. med. Wael Yaseen Khoder, welcher mir durch seine Hilfestellung bei der Einteilung der Lymphozelen in die unterschiedlichen Typen Einblicke in die Lymphozelen-Anatomie gegeben sowie durch die Bereitstellung der Klassifikationsabbildungen eine visuelle Darstellung meiner Arbeit ermöglicht hat.

Gerne möchte ich auch Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Jens Ricke dafür danken, dass ich die Chance erhalten habe an seiner Klinik und Poliklinik für Radiologie meiner Forschungsarbeit im Rahmen meiner Dissertation nachzugehen.

Abschließend möchte ich mich hiermit von ganzem Herzen bei meiner Familie, allen voran bei meinen Eltern Johanna und Rudolf Ebenberger bedanken. Sie haben mich stets ermutigt meinem Berufswunsch, Ärztin zu werden, zu verwirklichen und waren bzw. sind immer für mich da, auch heute noch. Ebenso ein großes Dankeschön gebührt meiner Schwester Marina Ebenberger, MSc (WU), MA, mit deren Unterstützung ich erst an der Ludwig-Maximilians-Universität begonnen habe zu studieren und die sich gerne bereit erklärt hat, das Lektorat für meine Arbeit zu übernehmen. Außerdem danke ich meiner Tante Monika Ebenberger und meinem Onkel Prof. Dr. Gottfried Koch für die tatkräftige Unterstützung und motivierenden Gespräche während meines Studiums als auch im Rahmen des Schreibens der Dissertation von ganzem Herzen. Auch ohne sie wäre das Studium der Humanmedizin in München für mich nicht möglich gewesen.

Schließlich möchte ich meinem Lebensgefährten, DI (FH) Stefan Zakall, BSc, für seinen großartigen Beistand danken. Durch seine liebevolle Unterstützung habe ich diese Dissertation neben meiner Arbeit als Assistenzärztin der Inneren Medizin fertigstellen können.

7 Eidesstattliche Versicherung

Ich, Simone Zakall, geb. Ebenberger, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

„Technisches Outcome, klinisches Ergebnis und Komplikationen der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage bei Patienten mit symptomatischen Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie“

selbstständig 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.

Wien, 11.12.2022

Ort, Datum

Simone Zakall

Unterschrift

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Minor- und Major-Komplikationen bei CT-gesteuerten Interventionen (52, 69)...	36
Tabelle 2: Dosis-Längen-Produkt mit Mittelwert und Standardabweichung prä-, peri-, postinterventionell sowie gesamt	43
Tabelle 3: Röhrenstrom-Zeit-Produkt bei der CT-Fluoroskopie bei 77 Interventionen	43
Tabelle 4: Klinische Komplikationen bei Patienten mit Lymphozelen: Schmerzen, Neuralgien, Thrombosen	47
Tabelle 5: Radiologische Infektionszeichen bei Patienten mit Lymphozelen: Randständige Kontrastmittelaufnahme, Entzündliche Veränderungen des umliegenden Fettgewebes	48
Tabelle 6: Serologische Infektionszeichen bei Patienten mit Lymphozelen: CRP-Wert, Leukozytose	51
Tabelle 7: Kriterien zur Indikationsstellung einer CT-gezielten Punktion oder Drainage einer Flüssigkeitsansammlung	56

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CT-fluoroskopisch gezielte Drainagenanlage, periinterventionell	6
Abbildung 2: CT-Kontrolle der Intervention mit Einbringen einer 12 French Drainage. Es zeigt sich eine deutliche Entlastung der Lymphozele im prävesikalen und rechts paravesikalen Anteil.....	7
Abbildung 3: CT-Intervention: Interventionsraum, Radiologe + medizinisch-technischer Radiologieassistent, positionierter Patient (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Priv.-Doz. Dr. C. G. Trumm)	16
Abbildung 4: Typische Drainage; ReSolve® Non-Locking Drainage Catheter.....	17
Abbildung 5: Seldinger Nadel; ®Peter Pflugbeil GmbH.....	17
Abbildung 6: PTFE-beschichteter Führungsdraht, ®Optimed.....	18
Abbildung 7: Patient mit Typ 1-Lymphozele nach Khoder et al. (68); 9 Tage nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie.....	23
Abbildung 8: Schematischer Überblick, (A) axial, (B) coronar, und (C) lateral, der unterschiedlichen Lymphozelen nach radikaler Prostatektomie. (1) Typ 1, (2A) Typ 2A, (3) Typ 3. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. Eur Urol; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier).....	24
Abbildung 9: Patient mit Typ 2A Lymphozele nach Khoder et al. (68); 51 Tage nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie.....	25
Abbildung 10: Schematischer Überblick, (A) axial und (B) coronar, der gekaspelten Lymphozele Typ 2A. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. Eur Urol; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)	26
Abbildung 11: Patient mit Typ 2B Lymphozele nach Khoder et al. (68); 4,5 Monate nach der radikalen Prostatektomie mit Lymphadenektomie.....	27
Abbildung 12: Schematischer Überblick, (A) axial und (B) coronar der tief pelvinen Lymphozele Typ 2B. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. Eur Urol; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)	27
Abbildung 13: Patient mit Typ 2A + 3 Lymphozele nach Khoder et al. (68); 22 Tage nach radikaler Prostatektomie mit Lymphadenektomie	28
Abbildung 14: Schematischer Überblick, (A) axial und (B) coronar der prävesikalen Lymphozele Typ 3. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. Eur Urol; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)	29
Abbildung 15: Patient mit Typ 4 Lymphozele nach Khoder et al. (68); 16 Tage nach radikaler Prostatektomie mit Lymphadenektomie	30
Abbildung 16: Schematischer coronarer Überblick der Lymphozele mit retroperitonealer Ausbreitung Typ 4. Quelle: Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different	

Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. Eur Urol; 62:640-648. (68) (mit freundlicher Genehmigung von Elsevier)	31
Abbildung 17: Lokalisation der Lymphozelen: linksseitig, rechtsseitig, median	39
Abbildung 18: Klassifikation nach Khoder et al. (68): Typ 1, Typ 2A, Typ 2B, Typ 3, Typ 4, Mischtypen	40
Abbildung 19: Drainagengrößen bei der CT-fluoroskopisch gezielten Anlage; von 7-12,5 French	45
Abbildung 20: Randständige Kontrastmittelaufnahme und entzündliche Veränderung des umliegenden Fettgewebes	48
Abbildung 21: Mildes Ring Enhancement bei einer großen Lymphozele (max. Diameter = 15cm)	49
Abbildung 22: Ring Enhancement und entzündliche Veränderung des umliegenden Fettgewebes	50
Abbildung 23: Komplikation im Rahmen der CT-fluoroskopisch gesteuerten Drainagenanlage: Hämatombildung am Blasendach	52
Abbildung 24: Hospitalisierungsdauer der Patienten nach der ersten Intervention	53
Abbildung 25: Strahlenschutzrüstung: Schilddrüsenschutz, Brille, Bleischürze, Bleihandschuhe	61

10 Quellenverzeichnis

1. Mahrer A, Ramchandani P, Trerotola SO, Shlansky-Goldberg RD, Itkin M. (2010). Sclerotherapy in the management of postoperative lymphocele. *J Vasc Interv Radiol*; 21:1050-1053.
2. Capitanio U, Pellucchi F, Gallina A, Briganti A, Suardi N, Salonia A, et al. (2011). How can we predict lymphorrhoea and clinically significant lymphoceles after radical prostatectomy and pelvic lymphadenectomy? Clinical implications. *BJU Int*; 107:1095-1101.
3. Kim HY, Kim JW, Kim SH, Kim YT, Kim JH. (2004). An analysis of the risk factors and management of lymphocele after pelvic lymphadenectomy in patients with gynecologic malignancies. *Cancer Res Treat*; 36:377-383.
4. Gotto GT, Yunis LH, Guillonneau B, et al. (2011). Predictors of symptomatic lymphoceles after radical prostatectomy and bilateral pelvic lymph node dissection. *Int J Urol*; 18:291-296.
5. Musch M, Klevecka V, Roggenbuck U, Kroepfl D. (2006). Complications of pelvic lymphadenectomy in 1,380 patients undergoing radical retropubic prostatectomy and between 1993 and 2006. *J Urol*; 179:923-929.
6. Tascar M, Gulec B, Saglam M, Yavuz I, Bozlar U, Ugurel S. (2005). Posttransplant symptomatic lymphocele treatment with percutaneous drainage and ethanol sclerosis: long-term follow-up. *Clin Imaging*; 29:109-116.
7. Konno Y, Todo Y, Minobe S, Kato H, Okamoto K, Sudo S, et al. (2011). A retrospective analysis of postoperative complications with or without para-aortic lymphadenectomy in endometrial cancer. *Int J Gynecol Cancer*; 21:385-390.
8. Khauli RB, Stoff JS, Lovewell T. (1993). Post-transplant lymphoceles: a critical look into the risk factors, pathophysiology and management. *J Urol*; 150(1):22-26.
9. Braun WE, Banowsky LH, Straffon RA. (1974). Lymphoceles associated with renal transplantation: report of 15 cases and review of the literature. *Am J Med*; 57:714-729.
10. Glass LL, Cockett AT. (1998). Lymphoceles: diagnosis and management in urologic patients. *Urology*; 51:135-140.
11. Jensen SR, Voegeli DR, McDermott JC, Crummy AB, Turnipseed WD. (1986). Lymphatic disruption following abdominal aortic surgery. *Cardiovasc Intervent Radiol*; 9:199-201.
12. Catalona WJ, Kadmon D, Crane DB. (1980). Effect of mini-dose heparin on lymphocele formation following extraperitoneal pelvic lymphadenectomy. *J Urol*; 123(6):890-892.
13. Solberg A, Angelsen A, Bergan U, Haugen OA, Viset T, Klepp O. (2003). Frequency of lymphoceles after open and laparoscopic pelvic lymph node dissection in patients with prostate cancer. *Scand J Urol Nephrol*; 37:218-221.
14. Ojeda L, Sharifi R, Lee M, Mouli K, Guinan P. (1986). Lymphocele formation after extraperitoneal pelvic lymphadenectomy: possible predisposing factors. *J Urol*; 136:616-618.
15. Pepper RJ, Pati J, Kaisary AV. (2005). The incidence and treatment of lymphoceles after radical retropubic prostatectomy. *BJU Int*; 95:772-775.
16. Stolzenburg JU, Wasserscheid J, Rabenalt R, et al. (2008). Reduction in incidence of lymphocele following extraperitoneal radical prostatectomy and pelvic lymph node dissection by bilateral peritoneal fenestration. *World J Urol*; 26:581-586.
17. Freid RM, Siegel D, Smith AD, Weiss GH. (1998). Lymphoceles after laparoscopic pelvic node dissection. *Urology*; 51:131-134.
18. Bauer JJ, McLeod DG. (1998). Hepatic subcapsular extension of pelvic lymphocele after radical retropubic prostatectomy. *Urology*; 51:846-848.
19. Heidenreich A, Varga Z, Von Knobloch R. (2002). Extended pelvic lymphadenectomy in patients undergoing radical prostatectomy: high incidence of lymph node metastasis. *J Urol*; 167:1681-1686.

-
20. Khoder WY, Trottmann M, Buchner A, et al. (2011). Risk factors for pelvic lymphoceles post-radical prostatectomy. *Int J Urol*; 18:638-643.
 21. Todokoro T, Furniss D, Oda K, Kewana K, Narushima M, Mihara M, Kikuchi K, Hara H, Yano T, Koshima I. (2013). Effective treatment of pelvic lymphocele by lymphaticovenular anastomosis. *Gynecologic Oncology*; 128:209-214.
 22. Kretschmer L, Thoms KM, Peeters S, Haenssle H; Bertsch HP, Emmert S. (2008). Postoperative morbidity of lymph node excision for cutaneous melanoma-sentinel lymphnodectomy versus complete regional lymph node dissection. *Melanoma Res*; 18(1):16-21.
 23. Hsu THS, Gill IS, Grune MT, et al. (2000). Laparoscopic lymphocelelectomy: a multi-institutional analysis. *J Urol*; 163:1096.
 24. Nghiem DD, Beckman I. (2005). Intraperitoneal catheter drainage of lymphocele: an outpatient procedure. *Transplant Int*; 18:721.
 25. Goel M, Flechner SM, Zhou L, et al. (2006). The influence of various maintenance immunosuppressive drugs on lymphocele formation and treatment after kidney transplantation. *J Urol*; 171:1788.
 26. Zuckermann DA, Yeager TD. (1997). Percutaneous ethanol sclerotherapy of postoperative lymphoceles. *AJR*; 169:433-437.
 27. Karcaaltincaba M, Akhan O. (2005). Radiologic imaging and percutaneous treatment of pelvic lymphocele. *Eur J Radiol*; 55(3):340-354.
 28. Kim JK, Jeong YY, Kim YH. (1999). Postoperative pelvic lymphocele: treatment with simple percutaneous catheter drainage. *Radiology*; 212(2):390-394.
 29. Akhan O, Karcaaltincaba M, Ozmen MN. (2007). Percutaneous transcatheter ethanol sclerotherapy and catheter drainage of postoperative pelvic lymphoceles. *Cardiovasc Intervent Radiol*; 30(2):237-240.
 30. Van Sonnenberg E, Wittich GR, Casola G, et al. (1986). Lymphoceles: imaging characteristics and percutaneous management. *Radiology*; 161(3):593-596.
 31. Naselli A, Andreatta R, Introini C, Fontana V, Puppo P. (2010). Predictors of symptomatic lymphocele after lymph node excision and radical prostatectomy. *Urology*; 75:630-635.
 32. Spring DB, Schroeder D, Babu S, Agee R, Gooding GA. (1981). Ultrasonic evaluation of lymphocele formation after staging lymphadenectomy for prostatic carcinoma. *Radiology*; 141:479-483.
 33. Doehn C, Fornara P, Fricke L, Jocham D. (2002). Laparoscopic fenestration of posttransplant lymphoceles. *Surg Endosc*; 16:690-695.
 34. Klode J, Klötgen K, Körber A, Schadendorf D, Dissemmond J. (2010). Polidocanol foam sclerotherapy is a new and effective treatment for post-operative lymphorrhea and lymphocele. *J Eur Acad Dermatol Venereol*; 24:904-909.
 35. Meyers AM, Levine E, Myburgh JA, Goudie E. (1977). Diagnosis and management of lymphoceles after renal transplantation. *Urology*; 10:497-502.
 36. Atray NK, Moore F, Zaman F, et al. (2004). Post transplant lymphocele: a single centre experience. *Clin Transplant*; 18(Suppl 12):46-49.
 37. Kay R, Fuchs E, Barry JM. (1980). Management of postoperative pelvic lymphoceles. *Urology*; 15:345-347.
 38. White M, Mueller PR, Ferrucci JT, et al. (1985). Percutaneous drainage of postoperative abdominal and pelvic lymphoceles. *Am J Roentgenol*; 145:1065-1069.
 39. Spigos D, Capek V. (1976). Ultrasonographically guided percutaneous aspiration of lymphoceles following renal transplantation: a diagnostic and therapeutic method. *J Clin Ultrasound*; 4:45-46.
-

-
40. Jensen SR, Voegeli DR, McDermott JC, Crummy AB. (1986). Percutaneous management of lymphatic fluid collections. *Cardiovasc Intervent Radiol*; 9:202-204.
 41. Treiyer A, Haben B, Stark E, Breitling P, Steffens J. (2009). Uni-vs. multiloculated pelvic lymphoceles: Differences in the treatment of symptomatic pelvic lymphoceles after open radical retropubic prostatectomy. *International Braz J Urol*; 35(2):164-170.
 42. Gilliland JD, Spies JB, Brown SB, Yrizarry JM, Greenwood LH. (1989). Lymphoceles: percutaneous treatment with povidone-iodine sclerosis. *Radiology*; 71:227-229.
 43. Kerlan RK Jr, La Berge JM, Gordon RL, Ring EJ. (1997). Bleomycin sclerosis of pelvic lymphoceles. *J Vasc Interv Radiol*; 8:885-887.
 44. Sawhney R, D'Agostino HB, Zinck S et al. (1996). Treatment of postoperative lymphoceles with percutaneous drainage and alcohol sclerotherapy. *J Vasc Interv Radiol*; 7:241-245.
 45. Akhan O, Cekirge S, Ozmen M, Besim A. (1992). Percutaneous transcatheter ethanol sclerotherapy of postoperative pelvic lymphoceles. *Cardiovasc Intervent Radiol*; 15:224-227.
 46. Caliendo MV, Lee DE, Queiroz R, Waldman DL. (2001). Sclerotherapy with use of doxycycline after percutaneous drainage of postoperative lymphoceles. *J Vasc Interv Radiol*; 12(1):73-77.
 47. Silas AM, Forauer AR, Perrich KD, Gemery JM. (2006). Sclerosis of postoperative lymphoceles: avoidance of prolonged catheter drainage with use of fibrin sealant. *J Vasc Interv Radiol*; 17(11):1791-1795.
 48. Livingstone WD, Confer DJ, Smith RB. (1980). Large lymphoceles resulting from retroperitoneal lymphadenectomy. *J Urol*; 124:543-546.
 49. Gill IS, Hodge EE, Munch LC, et al. (1995). Transperitoneal marsupialization of lymphoceles: a comparison of laparoscopic and open techniques. *J Urol*; 153(3 Pt1):706-711.
 50. Olsson CA, Willscher MK, Filoso AM, Cho SI. (1972). Treatment of postoperative lymphoceles: internal versus external drainage. *Transplant Proc*; 8:501-504.
 51. Schweitzer RT, Cho SI, Kountz SL, Belzer FO. (1972). Lymphoceles following renal transplantation. *Arch Surg*; 104:42-45.
 52. Wallace MJ, Chin KW, Fletcher TB, Society of Interventional Radiology Standards of Practice Committee et al. (2010). Quality improvement guidelines for percutaneous drainage/aspiration of abscess and fluid collections. *J Vasc Interv Radiol*; 21:431-435.
 53. Haaga JR. (2005). Interventional CT: 30 years' experience. *Eur Radiol*; 15(Suppl 4):D116-D120.
 54. Hohl C, Suess C, Wildberger JE, et al. (2008). Dose reduction during CT fluoroscopy: phantom study of angular beam modulation. *Radiology*; 246:519-525.
 55. Feuerbach S, Schreyer A, Schlottmann K. (2003). Standards in radiographically guided biopsies - indications, techniques, complications. *Radiol Up2date*; 3:207-223.
 56. Begemann, P.G.C. (2013). CT-Guided Interventions-Indications, Technique, Pitfalls. In Mahnken A.H., Wilhelm K.E., Ricke J. (Eds.), *CT- and MR-Guided Interventions in Radiology*. Berlin Heidelberg, Springer Verlag; 11-24.
 57. Trumm, C.G, Hoffman, R-T. (2009). CT-Guided Biopsy and Drainage. In Reiser M.F., Becker C.R., Nikolaou K., Glazer G. (Eds.), *Multislice CT*. Berlin Heidelberg, Springer Verlag; 511-534.
 58. Katada K, Kato R, Anno H, et al. (1996). Guidance with real-time CT fluoroscopy: early clinical experience. *Radiology*; 200:851-856.
 59. Paprottka P, Helmberger T, Reiser M, Trumm C. (2013). CT-Steuerung. *Der Radiologe*; 53: 974-985.
 60. <https://www.merit.com/peripheral-intervention/drainage/intervention/resolve-non-locking-drainage-catheters/>, abgerufen am 25.05.2021 um 10:55Uhr.
-

-
61. <https://www.pflugbeil.com/index/produktkatalog/gesamtkatalog/einfu%CC%88hr-und-zugangsnadeln/seldinger-nadel/>, abgerufen am 25.05.2021 um 11:15Uhr.
 62. <https://www.optimed.com/nc/en/products/category/arterial-interventions/product-details/p-kategorie/arterielle-interventionen/subkategorie/fuehrungsdraehte-2/p-produkt/ptfe-beschichtete-fuehrungsdraehte/>, abgerufen am 25.05.2021 um 11:22Uhr.
 63. Shope TB, Gagne RM, Johnson GC. (1981). A method for describing the doses delivered by transmission x-ray computed tomography. *Med Phys*; 8:488-495.
 64. Hoeschen C, Regulla D, Zankl M, Schlattl H, Brix G. (2009). Radiation Exposure and Protection in Multislice CT. In Reiser M.F., Becker C.R., Nikolaou K., Glazer G. (Eds.), *Multislice CT*. Berlin Heidelberg, Springer Verlag; 53-63.
 65. Martin Sedlmair (2013). Radiation Protection in CT-Guided Interventions. In Mahnken A.H., Wilhelm K.E., Ricke J. (Eds.), *CT- and MR-Guided Interventions in Radiology*. Berlin Heidelberg, Springer Verlag; 44.
 66. Deak PD, Smal Y, Kalender WA. (2010). Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product. *Radiology*; 257(1):158-166.
 67. Kloeckner R, dos Santos DP, Schneider J, Kara L, Dueber C, Pitton MB. (2013). Radiation exposure in CT-guided interventions. *European journal of radiology*; 82(12):2253-2257.
 68. Khoder WY, Gratzke C, Haseke N, Herlemann A, Stief CG, Becker AJ. (2012). Laparoscopic Marsupialisation of Pelvic Lymphoceles in Different Anatomic Locations Following Radical Prostatectomy. *Eur Urol*; 62:640-648.
 69. Dariushnia SR, Mitchell JW, Chaudry G, Hogan MJ. (2021). Society of Interventional Radiology Quality Improvement Standards for Image-Guided Percutaneous Drainage and Aspiration of Abscesses and Fluid Collections. *Standards of Practice*; 31(4):662-666.
 70. Hadi M, Walker C, Desborough M, Basile A, Tsetis D, Hunt B, Müller-Hüllsbeck S, Rand T, Van Delden O, Uberoi R. (2021). CIRSE Standards of Practice on Peri-operative Anticoagulation Management During Interventional Radiology Procedures. *Cardiovasc Intervent Radiol*; 44:523-536.
 71. Alago W Jr, Beodhar A, Michell H, Sofocleous CT, Covey AM, Solomon SB, Getrajdman GI, Dalbagni G, Brown KT. (2013). Management of postoperative lymphoceles after lymphadenectomy: Percutaneous catheter drainage with and without povidone-iodine sclerotherapy. *Cardiovasc Intervent Radiol*; 36:466-471.
 72. Lucewicz A, Wong G, Lam V, Hawthorne W, Allen R, Craig J, Pleass H. (2011). Management of Primary Symptomatic Lymphocele After Kidney Transplantation: A Systematic Review. *Transplantation*; 92 (6):663-673.
 73. Stukan M, Lesniewski-Kmak K, Wroblewska M, Dudziak M. (2015). Management of symptomatic ascites and post-operative lymphocysts with an easy-to-use, patient-controlled, vascular catheter. *Gynecologic Oncology*; 136:466-471.
 74. Król R, Kolonk A, Chudek J, Ziąja J, Pawlicki J, Maly A, Kunsdorf-Wnuk A, Cierpka L, Wiecek A. (2007). Did Volume of Lymphocele After Kidney Transplantation Determine the Choice of Treatment Modality?. *Transplantation Proceedings*; 39. New York, NY: Elsevier; 2740-2743.
 75. Chin A, Ragavendra N, Hilborne L, Gritsch A. (2003). Fibrin sealant sclerotherapy for treatment of lymphoceles following renal transplantation. *J Urol*; 170(2 Pt 1): 380-383.
 76. Sheafor DH, Paulson EK, Kliwer MA, DeLong DM, Nelson RC. (2000). Comparison of Sonographic and CT Guidance Techniques. *AJR*; 174: 939-942.
-

-
77. Memel DS, Dodd 3rd GD, Esola CC. (1996). Efficacy of sonography as a guidance technique for biopsy of abdominal, pelvic, and retroperitoneal lymph nodes. *AJR*; 167(4):957-962.
78. Dodd 3rd GD, Esola CC, Memel DS, Ghiatas AA, Chintapalli KN, Paulson EK, et al. (1996). Sonography: the undiscovered jewel of interventional radiology. *Radiographics*; 16(6):1271-1288.
79. Haaga J, Alfidi R. (1976). Precise biopsy localization by computer tomography. *Radiology*; 118 (3):603-607.
80. Daly B, Templeton P. (1999). Real-time CT fluoroscopy. Evolution of an interventional tool. *Radiology*; 211 (2):309-315.
81. Meyer CA, White CS, Wu J, Futterer SF, Templeton PA. (1998). Real-time CT fluoroscopy: usefulness in thoracic drainage. *American journal of roentgenology*; 171 (4):1097-1101.
82. Silvermann SG, Tuncali K, Adams DF, Nawefel RD, Zou KH, Judy PF. (1991). CT-fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure. *Radiology*; 212 (3):673-681.
83. Carlson SK, Bender CE, Classic KL, Zink FE, Quam JP, Ward EM, et al. (2001). Benefits and safety of CT fluoroscopy in interventional radiologic procedures. *Radiology*; 219 (2):515-520.
84. Yarmohammadi H, Flood L, Erinjeri J, Ziv E, Boas F, Mohabir H, Brody L, Gonzalez Aguirre A, Thornton R, Durack J, Getrajdman G, Solomon S, Maybody M. (2016). Comparison of radiation dose, procedure time and diagnostic yield of conventional CT-guided lung biopsy with CT fluoroscopy-guided lung biopsy. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*; 27 (3):166-167.
85. Paulson E, Sheafor D, Enterline D, McAdams H, Yoshizumi T. (2001). CT fluoroscopy-guided interventional procedures: techniques and radiation dose to radiologists. *Radiology*. 220(1):161-167.
86. Kim GR, Hur J, Lee SM, Lee HJ, Hong YJ, Nam JE, et al. (2011). CT fluoroscopy-guided lung biopsy versus conventional CT-guided lung biopsy: a prospective controlled study to assess radiation doses and diagnostic performance. *European radiology*; 21 (2):232-239.
87. <https://www.siemens-healthineers.com/computed-tomography/technologies-innovations/stellar-detector>, abgerufen am 15.06.2021 um 15:19Uhr.
88. https://mavig.com/products/x-ray-protection/#images-page_sections_5_image, abgerufen am 15.06.2021 um 15:52Uhr.
89. Miller DL, Balter S, Schueler BA, Wagner LK, Strauss KJ, Vañó E. (2010). Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiology*; 257(2):321-332.
90. Miller DL, Kwon D, Bonavia GH. (2009). Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology: proposed initial values for U.S. practice. *Radiology*; 253(3):753-764.
91. Khoder WY, Becker AJ, Seitz M, Haseke N, Schlenker B, Stief CG. (2001). Modified laparoscopic lymphocele marsupialization for the treatment of lymphoceles after radical prostatectomy: first results. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*; 21(2):145-148.
92. Hamilton BD, Winfield HN. (1996). Laparoscopic marsupialization of pelvic lymphoceles. *Tech Urol*; 2(4):220-244.
93. Raheem OA, Bazzi WM, Parsons, JK, Kane CJ. (2012). Management of pelvic lymphoceles following robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Urol Ann*; 4(2):111-114.
-