

## **1 Einleitung**

### **1.1 Akute abdominelle Schmerzen unter besonderer Berücksichtigung der Ureterkolik als Hauptursache akuter Flankenschmerzen**

#### **1.1.1 Allgemeines**

Die korrekte Interpretation von akuten abdominellen Schmerzen zählt zu den größten Herausforderungen an jeden Arzt. Nur wenige andere klinische Situationen fordern eine größere Erfahrung und Urteilskraft, da eine falsche Beurteilung der Symptome und Zeichen verhängnisvolle Folgen haben kann. Nirgendwo in der Medizin ist eine peinlich genaue Anamnese und klinische Untersuchung von größerer Bedeutung (12).

Der häufig verwendete klinische Begriff „akutes Abdomen“ beschreibt eine meist akut einsetzende Symptomatik bei Erkrankungen im Abdomen, die eine rasche Diagnose und oft eine notfallmäßige operative Therapie erfordert. Typische Leitsymptome sind akut auftretende heftige Bauchschmerzen, Abwehrspannung, Veränderungen der Darmperistaltik mit Störung der Darmentleerung, eventuell Fieber und Zeichen einer inneren Blutung. Unter den zahlreichen Ursachen sind über 90 Prozent der Fälle durch acht Krankheitsbilder bedingt: akute Appendizitis, akute Cholecystitis, Dünndarmobstruktion, Ureterkolik, perforiertes peptisches Ulkus, akute Pankreatitis, Colondivertikulitis und unspezifische Abdominalschmerzen (Gastroenteritis und andere) (1, 11, 29, 50, 63, 81, 83, 89).

Dennhardt vertritt jedoch die Ansicht, dass der Begriff „akutes oder chirurgisches Abdomen“ nicht zu akzeptieren ist, da er häufig irreführend und von fehlerhafter Nebenbedeutung ist. So ist es möglich, dass das scheinbar absolut eindeutige „akute Abdomen“ keiner chirurgischen Intervention bedarf. Andererseits kann eine mildere Form der abdominellen Schmerzen eine dringende Intervention anzeigen. Jeder Patient mit neu aufgetretenen abdominellen Schmerzen bedarf seiner Ansicht nach einer frühzeitigen und gründlichen Untersuchung mit spezifischen Bemühungen um eine genaue Diagnose (12).

### **1.1.2 Leitsymptom „akute abdominelle Schmerzen“**

Der Schmerz hat bei der Erhebung der Anamnese und körperlichen Untersuchung einen hohen Stellenwert. Als häufigstes urologisches Leitsymptom ist er für die weitere Diagnostik und Therapie jedoch nur dann wegweisend, wenn ihm ein Ursprungsorgan nebst zugrundeliegender Pathologie im Sinne einer Verdachtsdiagnose zugeordnet werden kann. Hierzu muss der Schmerz zunächst genau nach Lokalisation, Qualität, Ausstrahlung, zeitlichem Verlauf und Begleitsymptomen differenziert werden, da zahlreiche Krankheitsbilder diesbezüglich charakteristische Muster aufweisen. Zusammen mit der genauen Kenntnis dieser Krankheitsbilder und der anatomischen Organnachbarschaften kann die Verdachtsdiagnose gestellt werden (83, 125).

Die Schmerzdifferenzierung hat somit entscheidenden Einfluss auf die Untersuchungsplanung und Diagnosestellung. Der Arzt ist hierbei auf die subjektive Schmerzäußerung und –bewertung in Sprache und Gestik durch den Patienten angewiesen und sollte bei der eigenen Wertung die psychische Grundstimmung des Patienten berücksichtigen. Durch die weitere Diagnostik sind organische von funktionellen oder psychischen Leiden zu differenzieren (83, 125).

Erkrankungen der Nieren und der harnableitenden Wege gehen mehrheitlich mit abdominellen Schmerzen einher. Jedoch ist auch eine Vielzahl nicht- urologischer Krankheitsbilder mit diesen Symptomen vergesellschaftet, so dass die differenzialdiagnostische Abgrenzung erschwert sein kann. Akute Flankenschmerzen sind meistens Ausdruck einer retroperitonealen Pathologie, am häufigsten einer Ureterkolik (63, 83, 125).

### **1.1.3 Schmerztypisierung und Pathophysiologie**

Bei abdominellen Schmerzen wird der somatische von dem viszeralem Schmerz unterschieden (83, 125).

---

Der somatische Schmerz wird durch eine direkte Irritation des Peritoneum parietale von Bauchwand, Mesenterialansatz und/ oder Retroperitoneum, beispielsweise bei entzündlichen Prozessen, Tumordinfiltration oder Organperforation, hervorgerufen. Die Schmerzleitung erfolgt segmental und seitengetrennt über sensible Nn. intercostales. Es handelt sich typischerweise um einen gut lokalisierten, von einer abdominellen Abwehrspannung begleiteten, scharfen bis brennenden Dauerschmerz. Bettruhe und Schonhaltung führen zur Schmerzlinderung, während Bewegung und Erschütterungen wie beim Husten oder Niesen eine Verschlimmerung zur Folge haben (83, 125).

Viszerale Schmerzen können durch Kapselspannung parenchymatöser Organe, Dehnung oder spastische Kontraktionen der glatten Muskulatur sowie Durchblutungsstörungen hervorgerufen werden. Die Perzeption und Schmerzleitung erfolgt über Fasern des vegetativen Nervensystems (Nn. splanchnici). Der Schmerz ist meist intermittierend, diffus und schlecht lokalisierbar und hat dumpfen, krampfartigen, bohrenden Charakter (83, 125).

Die Kolik stellt eine Sonderform des viszeralen Schmerzes dar. Sie geht mit raschen, massiven Druckerhöhungen in Hohlorganen einher.

Die Ureterkolik beginnt typischerweise akut ohne Prodromalsymptome. Der Schmerzcharakter ist rhythmisch. Es ist ein scharfer, stechender Schmerz, der wellenförmig abläuft, aber auch zu einem Dauerschmerz werden kann. Unter physiologischen Bedingungen wird der Urin durch die Harnleiterperistaltik vom Nierenbecken in die Harnblase transportiert. Zu einer Ureterkolik kommt es durch eine plötzlich auftretende Harntransportstörung bei inkompletter oder kompletter Verlegung des Harnleiters. Einengungen des Ureters von außen führen selten zur Kolik, da das Entstehen meist langsam progredient ist (74).

Bisher wurden mehrheitlich Hyperperistaltik und unkoordinierte Spasmen der Harnleitermuskulatur als schmerzauslösende Faktoren vermutet (74, 140).

Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass der entscheidende Faktor eines Kolikschmerzes ein akuter intraluminaler Druckanstieg im oberen Harntrakt ist. Dieser Druckanstieg um 2- 5 kPa ist Resultat aus einer zunächst gleichbleibenden Urinproduktion (9, 74, 133, 134, 140).

---

Im weiteren Verlauf schwächt sich die Peristaltik des Ureters langsam ab und sistiert bei längerem Bestehen der Obstruktion. Eine Hyperperistaltik, wie beispielsweise bei einem Darmverschluss, tritt dabei nicht auf (9, 74, 133, 134, 140).

Die plötzliche Dilatation der Nierenbecken- und Harnleiterwand führt einerseits zur Erregung der klassischen Nozizeptoren und andererseits zur Aktivierung spezieller Rezeptoren, die nur durch einen plötzlichen, starken Druckanstieg stimuliert werden (67, 74).

In gleicher Weise wirken die Ausschüttungen von Schmerzmediatoren wie Bradykinin, Serotonin und Prostaglandinen. Weitere schmerzverstärkende Faktoren sind die Ischämie der glatten Muskulatur im Bereich des Konkrementes (reflektorische Spastik), ein Harnwegsinfekt oder eine lokale Irritation des Urothels durch die Distension (74, 125, 133, 134, 140).

Ursache für eine Ureterkolik können Konkreme, Blutkoagel bei Nierenparenchym- oder -beckentumoren, abgelöste Tumorpartikel sowie abgestoßene Nierenpapillen sein. 50 % aller Steine lösen eine Kolik aus. Große Nierenbeckensteine bzw. Nierenausgusssteine verursachen meistens lediglich ein dumpfes Gefühl in der Nierengegend, kleinste Steine können hingegen auch unbemerkt abgehen (93).

#### **1.1.4 Schmerzlokalisierung und –ausstrahlung der Ureterkolik**

Eine Ureterkolik beginnt in der Regel im Bereich des Nierenlagers. Bei mobilen Steinen verläuft dann der Schmerz entlang des Ureters mit ausstrahlenden Schmerzen je nach Höhe des Konkrementes (93).

Die Weiterleitung der afferenten Signale von Harnleiter und Nierenbecken hängt von der Lage der Okklusion ab (74).

Nierenbecken und proximaler Harnleiter werden durch den Plexus renalis, das Ganglion coeliacum und die Nervi splanchnici, der mittlere und distale Ureter über die verschiedenen dorsalen Beckenplexus versorgt. Dort erfolgt nach segmentaler Umschaltung zum Grenzstrang die Weiterleitung über die Hinterhörner der jeweiligen

---

Spinalwurzeln zum Tractus spinothalamicus. Im Gegensatz zu den proximalen Ureteranteilen finden sich im distalen Anteil vermehrt parasymphatische Fasern (74, 98).

Wie die meisten viszerale Schmerzen werden auch Ureterkoliken in bestimmten Hautarealen, den sogenannten Head'schen Zonen, wahrgenommen. Verantwortlich für diese Schmerzübertragung ist die räumliche Nähe der Umschaltneurone des Rückenmarks zu den nozizeptiven Afferenzen der dermalen Innervation sowie die geringe corticale Repräsentationsfläche für viszerale Afferenzen im Vergleich zu denen der Körperoberfläche (67, 74).

Beim Mann strahlt der Schmerz bei hohen Harnleitersteinen in den Hoden und Samenstrang aus, wobei der Hoden äußerst berührungsschmerzhaft und retrahiert ist - sog. „Kolik- Testalgie“.

Bei einem Ureterkonkrement im mittleren Drittel erscheint die Skrotalhaut auf der ipsilateralen Seite hyperästhetisch sowie der Hoden- und Kremasterreflex fehlt. Bei der Frau erfolgt die Schmerzausstrahlung in die Labia majora und in den Mons pubis.

Befindet sich das Harnleiterkonkrement im distalen Drittel bzw. intramural oder bereits im Ostium, so strahlt der Schmerz in die vordere Harnröhre bis in die Glans penis bzw. in die Klitoris aus. Häufig wird ein Harndrang von Pollakisurie begleitet (93).

### **1.1.5 Begleitsymptome der Ureterkolik**

Häufig ist bei einer akuten Ureterkolik die gesamte Flanke, die Leisten- und Genitalgegend sowie die Oberschenkelinnenseite schmerzhaft. Durch Mitreizung des M. psoas wird dieser kompensatorisch entspannt und es resultiert eine Schonbeugung, indem das Bein in der Hüfte angewinkelt wird (93).

Der Patient ist während einer akuten Ureterkolik vor Schmerzen unruhig, rastlos und versucht durch einen ständigen Lagewechsel eine Linderung des Schmerzes zu erreichen. Durch eine Peritonealreizung können Begleitsymptome wie Übelkeit, Erbrechen, Darmatonie mit Obstipation sowie meteoristisch geblähtem Abdomen auftreten. Durch eine Mitreaktion des vegetativen Nervensystems (vaso- vagale Dysfunktion) leiden die Patienten häufig unter zusätzlichen Kollapszuständen mit kalten

---

Schweißausbrüchen, Blutdruckabfall mit Anstieg der Pulsfrequenz sowie blass- fahler Hautfarbe (93).

Als Komplikationen können Fieber mit Schüttelfrost und Oligurie hinzutreten, die auf eine Urosepsis bzw. Steininkarzeration hindeuten und einer dringenden urologischen Intervention bedürfen (41).

### **1.1.6 Differenzialdiagnostik der Ureterkolik**

Schmerzen im Bereich des Oberbauches, des Unterbauches oder im kleinen Becken können eine Ureterkolik imitieren.

Neben intraabdominellen Ursachen (1.1.6.1) kommen auch extraabdominelle Erkrankungen (1.1.6.2) differenzialdiagnostisch in Frage.

#### **1.1.6.1 Abdominelle Ursachen (1, 37, 51, 74, 81, 89, 93, 117, 125)**

a ) andere urologische Ursachen:

Pyelonephritis, Ureterstenose, Papillennekrose, Tumor, Tuberkulose, Ren mobiles, Niereninfarkt, Nierenvenenthrombose, vesikorenalere Reflux, Epididymitis, Prostatitis, Harnverhalt, Cystitis, Hodentorsion, Prostatitis

b ) Gallenkolik

krampfartiger unerträglicher Schmerz im rechten Oberbauch evtl. Ausstrahlung in die rechte Schulter;

Cholecystolithiasis; Cholecystitis

c ) Ulcus ventriculi

scharf umschriebener Schmerz im Epigastrium

d ) Pankreatitis

akuter Beginn mit häufig gürtelförmigen Schmerzen

e ) mechanischer Ileus (häufig)

kolikartige Schmerzen, Wind- und Stuhlverhaltung, Erbrechen, hochgestellte klingende Darmgeräusche;

---

Hauptursachen: Adhäsionen, inkarzerierte Hernien, Colonicarcinom

f ) generalisierte Peritonitis (häufig)

diffuser Schmerz, zunächst bretthartes Abdomen mit deutlicher Muskelabwehrspannung, Druck- und Klopfschmerz, Loslassschmerz; später Darmparalyse mit Stuhl- und Windverhaltung, Übelkeit, Erbrechen, Fieber bis zum Nierenversagen und Schock;

Ursachen: häufig Perforation, selten bakterielle Durchwanderung (Ulcus, Appendizitis, Gallenblasenperforation, Divertikulitis)

g ) Appendizitis

anfangs diffuser Schmerz, später punctum maximum über Mc Burney und Lanz, Loslassschmerz, Rovsing Schmerz (retrograde Colonkompression), Psoasschmerz (Schmerzen bei Streckung des Beines im Hüftgelenk), Douglasschmerz, Temperaturdifferenz (rectal- axillär > 0,6 °C)

h ) Enterokolitis

i ) Divertikulitis

Schmerzen im linken Unterbauch, evt. tastbare „Walze“

j ) intraabdominelle Abszedierung

insbesondere postoperativ oder nach Interventionen; Schmerzen im Oberbauch bei subphrenischem Abszess

k ) M. Crohn

krampfartige Schmerzen, schubweises Auftreten

l ) gynäkologische Erkrankungen

z.B. Adnexitis- kontinuierlicher Schmerz in das Sacrum ausstrahlend; stielgedrehte Ovarialzyste, Zyklusbeschwerden

m ) Tubargravidität

anfallsartiger Schmerz, Crescendo- Schmerz, nach Ruptur nachlassend

n ) Hodentorsion (vor allem bei Kindern und Jugendlichen)

Palpation des Hodens extrem schmerzhaft

o ) vaskuläre Ursachen

Mesenterialinfarkt, Angina visceralis mit postprandialen Bauchschmerzen

p ) symptomatisches Aortenaneurysma

durch Expansion des Aneurysmasackes verursachte Flanken- oder Rückenschmerzen, Ruptur mit Schocksymptomatik

q ) Milz-, Leber- und Nierenruptur

Zustand nach stumpfem Bauchtrauma, Schock

r ) Rektushämatom, retroperitoneale Blutung (vor allem bei Einnahme von Antikoagulantien)

#### 1.1.6.2 Extraabdominelle Ursachen (1, 37, 74, 81, 89, 93, 125, 128)

a ) von der Wirbelsäule ausgehende Schmerzen

vertebragene Affektionen, Lumbalgien, Lumboischialgien, Th X- XII- Radikulitis (kostovertebrale Schmerzen, die in den Unterbauch ausstrahlen und bei Bewegung zunehmen- im Gegensatz zum renalen Schmerz)

b ) Interkostalneuralgie

c ) Hinterwandinfarkt

Abdominalschmerzen sind manchmal einziges Symptom, Schmerzausstrahlung jedoch nie bis unterhalb des Nabels

d ) akute Rechtsherzinsuffizienz

e ) Pneumonie, Pleuritis, Lungenarterienembolie

f ) diabetische Ketoazidose (sog. „Pseudoperitonitis“)

Oberbauchkrämpfe, Erbrechen, Azetongeruch

g ) selten:

Purpura Schönlein- Henoch (vor allem bei Kindern), akute intermittierende Porphyrie (abdominelle Koliken), Herpes zoster, Sichelzellanämie

h ) akuter Glaukomanfall



### 1.1.7 Diagnostik

Das Vorgehen bei akuten abdominellen Schmerzen und die diagnostischen Schritte unterliegen in Abhängigkeit vom Schweregrad und Verlauf beziehungsweise der zur Diagnostik verbleibenden Zeit einem Stufenschema.

Beginnend mit der Anamnese und der körperlichen Untersuchung wird kurz auf Laboruntersuchungen und den Urinstatus eingegangen. Die bildgebenden Verfahren werden umfassender vorgestellt.

#### 1.1.7.1 Anamnese

Auch wenn die Anamnese bei einem schmerzgeplagten Patienten schwierig ist, sollte sie erster Bestandteil des diagnostischen Stufenschemas sein. Der typische kolikartige Schmerz ist das auffälligste subjektive Symptom der Harnsteinerkrankung. Die Angaben des Patienten zur Schmerzlokalisierung können wichtige Hinweise für die Steinlokalisierung geben.

Kinder hingegen geben als Leitsymptom nur einen uncharakteristischen Bauchschmerz an.

Weiterhin ist stets nach früheren Steinepisoden, nach Ergebnissen früherer Steinanalysen, nach Steinerkrankungen in der Familie und nach Stoffwechselerkrankungen zu fragen (104).

#### 1.1.7.2 Körperliche Untersuchung

Die Untersuchung von Patienten mit abdominellen Beschwerden erfolgt nach der IPA-Regel, in der die Reihenfolge der Untersuchung mit Inspektion, Palpation und Auskultation festgelegt ist (3, 4).

Bei der Untersuchung liefert die einfache und kritische Inspektion des Patienten, wie des Gesichtes, der Position im Bett und der Atmungsaktivität, wertvolle Aufschlüsse. So

---

ist beispielsweise ein Patient mit einem akuten intraperitonealen Prozess ruhig, nimmt meist eine Schonhaltung ein und vermeidet jegliche Bewegung, wogegen ein Patient mit einer Ureterkolik unruhig und rastlos ist (104).

Bei einer Ureterkolik ist das betroffene Nierenlager meist klopfschmerzhaft und oft besteht ein Druckschmerz entlang des Ureterverlaufs bis zur Blase (104).

Beim Mann steht der ipsilaterale Hoden oft höher und ist häufig druck- und zugschmerzhaft (104).

Durch die reflektorische Darmlähmung ist das Abdomen häufig gebläht und die Peristaltik spärlich (104).

Neben der Beurteilung des Abdomens ist insbesondere auch die Beurteilung der Kreislaufverhältnisse von großer Bedeutung, um einen beginnenden Schockzustand rechtzeitig zu erkennen.

### 1.1.7.3 Labordiagnostik

Blutdiagnostik:

Die Labordiagnostik hat bei Patienten mit akuten abdominellen Schmerzen keinen hohen diagnostischen Stellenwert im Hinblick auf eine Therapieentscheidung; bei differenzialdiagnostischen Erwägungen und zur Festlegung des Krankheitsstadiums ist sie jedoch wertvoll und daher unerlässlich (12).

Die Basis- Laboruntersuchungen sollten immer ein Blutbild einschließen, um eine Leukozytose zu erfassen. Zusätzlich sollten auch klinische Chemie und Gerinnungsstatus erhoben werden. Weitere Laborwerte sind nach differenzialdiagnostischen Kriterien respektive nach Organsystemen auszuwählen, um eine Diagnose zu bestätigen oder auszuschließen (78).

Wichtig ist die Tatsache, dass keine laborchemische Untersuchung existiert, die die Operationspflichtigkeit eines „akuten Abdomens“ anzeigt. Die Blutsenkung ist für diese Fragestellung mit einer Sensitivität von 40 Prozent ebenso ungeeignet wie das oft

---

angeführte Lactat mit einer Sensitivität von nur 75 Prozent. Das Serum- Lactat ist auch bei 50 Prozent der Patienten erhöht, die keiner Notfalloperation bedürfen (78).

Bei dem Verdacht auf eine Ureterkolik ist in jedem Fall die Bestimmung der Nierenfunktionsparameter (Kreatinin, Harnstoff) und der Entzündungsindikatoren (Leukozyten, CrP) angezeigt (1, 125).

Ist eine genaue Harnsteinanalyse geplant, so sind im Routinelabor bis auf Oxalsäure und Parathormon alle harnsteinrelevanten Serumparameter bestimmbar (104).

Urindiagnostik:

Die Urinuntersuchung besitzt einen hohen Stellenwert bei der Bewertung des Hydrationsgrades oder bei der Suche nach renalen Erkrankungen, Diabetes oder Harnwegsinfekten (12).

Die Hämaturie ist ein Leitsymptom der Urolithiasis. Meist treten Mikrohämaturien während oder nach einer Ureterkolik bzw. nach körperlicher Belastung bei manifesten, klinisch symptomlosen Steinen auf. Jedoch spricht ein Fehlen von Erythrozyten im Urin nicht gegen ein Steinleiden (104).

Laut George W. Drach weisen etwa 10 Prozent der Patienten keine Hämaturie auf, insbesondere wenn der Harnleiterstein eine komplette Obstruktion verursacht (15).

Die Arbeitsgruppe von Bove et al. stellte ebenfalls fest, dass das Fehlen einer Hämaturie keinen Harnleiterstein ausschließt und dadurch keinesfalls weitere diagnostische Maßnahmen verhindert werden dürfen (6). Laut dieser Studie wurde in der Patientengruppe mit Nachweis eines Harnleitersteines bei 63 % der Patienten und in der Patientengruppe ohne Nachweis eines Harnleitersteines bei 75 % der Patienten eine Hämaturie diagnostiziert (6).

Bezüglich der differenzialdiagnostischen Überlegungen findet sich bei einem bakteriellen Infekt eine Leukozyturie/ Bakteriurie.

Ein pathologischer Urinstatus wird jedoch auch bei einer retrozökalen Appendizitis beobachtet, da der benachbarte Ureter in Mitleidenschaft gezogen werden kann (1, 125).

---

Eine Nierenvenenthrombose oder Glomerulonephritis fallen durch eine ausgeprägte Proteinurie mit Zylindern auf (1, 125).

#### 1.1.7.4 Bildgebende Verfahren

Im Rahmen der Diagnostik akuter abdomineller Schmerzen, insbesondere bei der Abklärung des akuten Flankenschmerzes, besteht mit den bildgebenden Verfahren die Möglichkeit die Ursache des Schmerzes zu visualisieren.

Auf folgende Verfahren soll hierbei kurz entsprechend ihrer Wichtigkeit eingegangen werden:

- Sonographie
- Abdomenübersichtsaufnahme und ggf. Thoraxaufnahme
- Ausscheidungsurographie
- Computertomographie (ausführlich im Kapitel 1.2 )
- Magnetresonanz- Urographie
- Nuklearmedizin
- Angiographie

#### Sonographie

In der Praxis steht die Realtime- Sonographie als schnelle, schmerzlose, wiederholbare und nicht invasive Untersuchungsmethode neben der Abdomenübersichtsaufnahme am Anfang in der Reihenfolge der bildgebenden Verfahren.

Sie ist in den meisten radiologischen Abteilungen und Praxen verfügbar.

Als Nachteil der Sonographie gilt, dass die Untersuchungsergebnisse stark von der Trias Patient (Adipositas, Darmgasüberlagerung, Kooperation)- Gerät- Untersucher abhängig sind (3).

Neben statischen Befunden wie Form, Lage, Größe und Binnenstruktur können in der Realtime- Sonographie auch dynamische Befunde wie atemabhängige Bewegungen erhoben werden.

---

Mittels Ultraschall können alle urologisch wichtigen Organe mit Ausnahme des normalkalibrigen Ureters dargestellt werden (26, 102).

Die sonographische Darstellung des Ureters ist durch seine Lage im Retroperitoneum und den davon ventral liegenden lufthaltigen Darmanteilen nur unter bestimmten Bedingungen möglich. Bei bestehender Harnstauung ist im Rahmen der renalen Sonographie vom Nierenbecken ausgehend der flüssigkeitsgefüllte Harnleiter als liquide, oft als leicht geschlängelt verlaufende Struktur in seinem proximalen Anteil sichtbar. Hier sind auch mögliche Konkremete im dilatierten Harnleiter erkennbar. Das mittlere Ureterdrittel ist selbst bei schlanken Patienten mit guter Darmvorbereitung meist kaum sichtbar, selbst wenn eine Harnstauung vorliegt (26). Unter Flüssigkeitsbelastung und/oder bei tiefer gelegenen Abflusshindernissen kann eventuell der Ureter im Bereich der Kreuzung ventral der Iliakalgefäße dargestellt werden (102). Der distale bzw. prävesikale Ureter ist der Diagnostik bei bestehender Harnstauung wieder zugänglich. Bei voller Harnblase lassen sich prävesikale und intramurale Harnleitersteine darstellen (26).

Bezüglich des direkten Nachweises eines Harnleitersteines sei hier auf eine Studie der Arbeitsgruppe von Hamm et al. hingewiesen, die für die Sonographie eine Sensitivität von nur 11 % bei einer Spezifität von 98 % angeben (31).

Weitere Studienergebnisse sind im Kapitel 1.3. aufgeführt.

Ein Harnaufstau führt zu einer Erweiterung des Nierenhohlraumsystems, die sonographisch als Dilatation des zentralen Sinusreflexes infolge Flüssigkeitszunahme erkennbar ist (102).

Eine geringgradige akute Stauung kann aber, vor allem bei einem überwiegend intrarenal gelegenen Nierenbeckenkelchsystem, zunächst ohne Erweiterung des Hohlraumsystems auftreten und deshalb sonographisch noch nicht zu diagnostizieren sein. Die sichere sonographische Diagnose einer Harnstauung gelingt erst bei einer Erweiterung der Kelche (103). Die Spreizung des Nierenbeckenkelchsystems ist um so geringer, je akuter der Aufstau ist und je höher das Hindernis liegt (102).

Konkremete in der Niere können bis zu einer Größe von 2- 3 mm erfasst werden. Die chemische Zusammensetzung spielt dabei keine Rolle (22). Ein Nierenstein zeigt das

---

typische Merkmal des intensiven Reflexes mit dem zugehörigen Schallschatten. Oft weist nur ein Schallschatten auf den Stein hin, insbesondere wenn es sich um einen kleinen Stein handelt. Hier kann die Farbduplexsonographie mit dem Nachweis des „twinkling artifact“ mit dem typischen Konfettiphänomen im Steinschallschatten in 96 % den Stein (verkalkte Steine) detektieren (102).

Im Rahmen der Diagnostik sonstiger akuter abdomineller Schmerzen umfasst die sonographische Untersuchung vor allem die Darstellung der Organe des Oberbauches, wie der Leber, der Milz, des biliären System und des Pankreas.

Physikalisch ist der lufthaltige Gastrointestinaltrakt für die Ultraschalluntersuchung schlecht geeignet. Möglich sind Aussagen über den Flüssigkeitsgehalt von Darmschlingen, Wandverdickungen und über freie intraperitoneale Flüssigkeit (100, 101). Die Domäne der Darmsonographie sind entzündliche Darmerkrankungen, deren Wandbefall und Komplikationen beurteilbar sind, sowie Darmtumoren und deren lokoregionale Metastasierung. Mit einiger Erfahrung gelingt auch die Darstellung der Appendizitis sowie der Divertikulitis (101). Bis zu den ersten Ergebnissen prospektiver Appendizitisstudien, in denen (untersucherabhängig!) die richtige Diagnose in etwa 90% gelang, war eine sonographische Appendizitisdiagnostik schwer vorstellbar. Jetzt kann selbst die normale Appendix unter besonders günstigen Umständen dargestellt werden. Die entzündliche Appendix kann als kleine Kokarde („Kokärdle“ nach Braun, Target-Struktur) oder als echoarmes doppelschichtiges Band zu sehen sein (101).

### Abdomenübersichtsaufnahme

In der Diagnostik akuter abdomineller Schmerzen dient die Abdomenübersichtsaufnahme in Linksseitenlage, im Stehen und/ oder in Rückenlage entsprechend der Fragestellung zur Beurteilung der Verteilung des intraluminalen Gas- und Flüssigkeitsgehaltes, dem Nachweis von freier Luft sowie der Darstellung von Verkalkungen als Basisaufnahme (3, 4, 65).

Auch bei nicht bettlägerigen Patienten ist die Aufnahme in linker Seitenlage in Hartstrahltechnik mit horizontalem Strahlengang die empfindlichste Methode zum

---

Nachweis von freier intraabdomineller Luft (65). Jedoch ist in 10- 35 % der Fälle mit Perforation von Hohlorganen keine freie Luft erkennbar (4)!

Die Aufnahme im Stehen mit horizontalem Strahlengang dient vor allem dem Nachweis von Luft- und Flüssigkeitsspiegeln, während aufgrund des Strahlenganges die Thoraxaufnahme im Stehen zum Nachweis freier Luft sensibler ist als die Abdomenübersichtsaufnahme im Stehen (65).

Die Abdomenübersichtsaufnahme mit vertikalem Strahlengang in Rückenlage, häufig auch als „Nierenleeraufnahme“ bezeichnet, erfasst das Abdomen von den Zwerchfellen bis zum Oberrand der Symphyse. Sie dient vor allem dem Nachweis von Verkalkungen und der Beurteilung des Gasgehaltes im Magen und in den Dünn- und Dickdarmschlingen (65).

Auf dieser Abdomenübersichtsaufnahme können beide Nieren, sofern diese nicht durch Darmluft und/ oder Darminhalt überlagert sind, hinsichtlich der Form, Größe und Lage beurteilt werden. Weiterhin ist ein Seitenvergleich und eine Beurteilung der Achsenstellung möglich. Diese Informationen können Hinweise auf Pathologien wie Tumor, Schrumpfniere, Nierenaplasie, perinephritischen Abszess, Hufeisenniere, extrinsische Verdrängung oder auf eine Nephroptose geben (103).

Des Weiteren liefert die Abdomenübersichtsaufnahme in Rückenlage Hinweise auf schattengebende Konkremente (phosphat- und kalziumhaltige Steine) im Bereich beider Nieren, im vermuteten Harnleiterverlauf sowie im kleinen Becken (103).

Ihre Abbildung ist abhängig vom Absorptionsunterschied zum umgebenden Gewebe. Ist der Absorptionskoeffizient des Konkrementes kleiner als der des Gewebes (ungefähr gleich Wasser), so ist der Stein nicht schattengebend (röntgennegativ). Ist der Koeffizient größer als der des umgebenden Gewebes, so ist der Stein auf der Nativaufnahme erkennbar (röntgenpositiv). Xanthin- und reine Harnsäuresteine sind nicht schattengebend (103).

Die miterfassten Bereiche der unteren Rippen geben Auskunft über weitere Diagnosen. So kann beispielsweise eine Ostitis fibrosa Hinweise auf einen Hyperparathyreoidismus geben. Rippenfrakturen weisen den Weg in Richtung Nierentrauma (69).

---

Des Weiteren kann auf der Abdomenübersichtsaufnahme im Liegen die Lendenwirbelsäule mitbeurteilt werden. Osteolysen können beispielsweise auf ein Nierenzellkarzinom hindeuten. Degenerative Veränderungen und eine Erniedrigung von Intervertebrärräumen können auf einen Bandscheibenprolaps hinweisen und müssen somit in die differenzialdiagnostischen Überlegungen aufgenommen werden (69).

Im Bereich des knöchernen Beckens geben osteosklerotische bzw. gemischtförmige lytisch- blastische Herde Hinweise auf ein Prostatakarzinom. Bei einer Fraktur im Bereich des Beckens muss auch an eine Verletzung der Harnröhre bzw. der Harnblase gedacht werden (69).

Gleichzeitig ist eine Beurteilung der M. psoas möglich. Ein unscharfer Randschatten gibt Hinweise auf einen perinephritischen Abszess. Fremdkörper lassen ein Trauma vermuten (69).

Nicht dem Urogenitalsystem zuzuordnende kalkdichte abdominelle Schatten sind entsprechend ihrer Form und Lage als Phlebolithen (im kleinen Becken), verkalkte Mesenteriallymphknoten (Tuberkulose?) oder als partiell verkalkte Uterusmyome einzuordnen (69).

### Thoraxaufnahme

Bei der Abklärung akuter abdomineller Schmerzen, insbesondere bei akuten Flankenschmerzen, muss differenzialdiagnostisch auch an eine Erkrankung des Thoraxraumes gedacht werden. Hier kann eine Thoraxaufnahme, möglichst in zwei Ebenen, Klärung bringen. Die Thoraxaufnahme dient zur Beurteilung von Herzkonfiguration und -größe, Stauungszeichen (Dekompensationszeichen), Lungeninfiltrate (Pneumonie mit oder ohne Begleitpleuritis), Pleuraergüsse (bei intraabdominellen Erkrankungen) und Veränderungen der thorakalen Aorta (78). Bei einer Aufnahme im Stehen ist eine subsphrenische Luftsichel eindeutiger Hinweis auf freie intraabdominelle Luft im Sinne eines Perforationsgeschehens.



---

Ferner können bei der Thoraxaufnahme die knöchernen Strukturen mitbeurteilt werden. Liegen beispielsweise posttraumatisch Rippenfrakturen vor, so müssen auch Verletzungen der parenchymatösen Oberbauchorgane und der Nieren ausgeschlossen werden.

### Ausscheidungsurographie

Das Ausscheidungsurogramm ist eine morphologische und dynamische Untersuchung des Harntraktes nach intravenöser Gabe von jodhaltigem Kontrastmittel, das von seinem Ausscheidungsverhalten eine vorwiegend renale Filtration aufweist. Diese lässt in einem gewissen Maße einen Rückschluss auf die Nierenfunktion zu (117).

Das Ausscheidungsurogramm beinhaltet zunächst eine native Übersichtsaufnahme der Nieren und des harnableitenden Systems zur Erkennung von schattengebenden Konkrementen. Nach intravenöser Gabe von nicht- ionischem Kontrastmittel werden deszendierend das Nierenparenchym in der nephrographischen Phase, das Nierenbeckenkelchsystem und abschnittsweise die Ureteren (Folge der Peristaltik) sowie die Harnblase in der zystographischen Phase abgebildet (69).

Zur besseren Beurteilbarkeit der Aufnahmen ist vor dieser Untersuchung eine Vorbereitung des Patienten anzustreben. Wenn möglich, sollte der Patient vor der Untersuchung nüchtern sein. Bei Meteorismus wird ggf. eine Gabe von gasbindenden Mitteln erforderlich (69).

Vor jeder Kontrastmittelapplikation muss aufgrund des Jodgehaltes des Kontrastmittels eine Hyperthyreose ausgeschlossen werden (69, 88, 97, 117).

Neuere Ergebnisse von Rendl et al. über den Jodgehalt und die Jodidabspaltung in vivo von Röntgenkontrastmitteln der neueren Generation erklären, warum trotz niedriger primärer Jodidkontamination dieser Kontrastmittel deren Anwendung mit einer hohen Jodbelastung der Schilddrüse verbunden ist. Wenngleich das Risiko einer jodinduzierten Hyperthyreose bis zur thyreotoxischen Krise generell niedrig ist, macht

---

diese Form der Schilddrüsenüberfunktion zahlenmäßig etwa die Hälfte aller Hyperthyreosen aus (88).

Die Indikation zur medikamentösen Prophylaxe ist in Abhängigkeit von der klinischen Situation zu stellen. Bei Personen mit latenter Hyperthyreose und/ oder Knotenstruma und/ oder geringgradiger, szintigraphisch nachgewiesener Schilddrüsenautonomie sollte eine medikamentöse Prophylaxe durchgeführt werden. Bei Patienten mit manifester Hyperthyreose bzw. mit latenter Hyperthyreose, jedoch szintigraphisch nachgewiesener höhergradiger Autonomie, darf eine Röntgenkontrastmittelgabe nur bei vitaler Indikation erfolgen (88).

Grundsätzlich ist zu beachten, dass eine medikamentöse Prophylaxe das Risiko einer jodinduzierten Hyperthyreose nur vermindern, nicht beseitigen kann.

Bezüglich der Durchführung, insbesondere der Dauer und der Dosierung, waren in der Literatur differente Angaben zu finden. Rendl et al. empfehlen die Gabe von Perchlorat (Irenat) 3 x 20 Tropfen täglich beginnend 2- 4 h vor der Untersuchung in Kombination mit einem Thyreostatikum wie Thiamazol über insgesamt 14 Tage. Ist das Zeitintervall von 2- 4 h vor der Untersuchung nicht einzuhalten, so sollten 60 Tropfen Perchlorat vor der Kontrastmittelapplikation verabreicht werden. Auch bei diesem kurzfristigen Beginn der Blockade ist noch ein ausreichender Schutz gegeben, da Perchlorat, ähnlich wie Jod, rasch resorbiert wird (88).

Aufgrund der glomerulären Filtration des Kontrastmittels muss die Nierenfunktion vorher abgeklärt werden (Kreatinin im Serum). Während beim gesunden Patienten maximale Kontrastmittelmengen von bis zu 4 ml/ kg Körpergewicht appliziert werden können, soll bei Patienten mit erhöhtem Risiko für eine kontrastmittelinduzierte Niereninsuffizienz bei strenger Indikationsstellung möglichst wenig Kontrastmittel appliziert werden (97). Hier sollte nach Pinet und Mitarbeiter eine Dosierung von 2 ml/ kg Körpergewicht eines 30-38%igen Kontrastmittels nicht überschritten werden (117). Generell muss bei diesen Patienten für eine ausreichende Hydratation vor Kontrastmittelgabe gesorgt werden (97). Wichtig ist eine engmaschige Nachbeobachtung mit Gewichtskontrolle und Volumenbilanzierung (97).

Die Aussagekraft eines Ausscheidungsurogramms ist bis zu einem Kreatininwert von 200  $\mu\text{mol/l}$  noch gut (117).

---

Ronge und Tepel et al. haben Ergebnisse veröffentlicht, in denen die orale Gabe von Acetylcystein eine effektive Maßnahme zur Prophylaxe kontrastmittelinduzierter Nierenschäden bei Patienten mit bereits eingeschränkter Nierenfunktion darstellt (91, 120).

Bei bestehendem Diabetes mellitus mit mikroangiopathischen Veränderungen muss bei 2 von 1000 Patienten mit einer Verschlechterung der Nierenfunktion gerechnet werden, die unter Umständen bis zur Dialysepflichtigkeit führt (117).

Das orale Antidiabetikum Metformin muss wegen der Gefahr einer Laktatazidose 48 Stunden vor bis 48 Stunden nach der Untersuchung mit intravenösem Kontrastmittel abgesetzt werden (34, 52, 54, 66, 68, 86, 123). Ist eine notfallmäßige Gabe von Kontrastmittel erforderlich, so ist das Medikament zum Untersuchungszeitpunkt sofort abzusetzen und nach der Untersuchung für eine ausreichende Hydrierung (NaCl 0,9% 100 ml/ h i.v. für 24 h) zu sorgen. Der Patient muss in der Klinik kontinuierlich überwacht werden, weiterhin sollten engmaschige Laborkontrollen erfolgen (Serum- Kreatinin, Serum- Lactat und Blut- pH- Wert) (34, 52, 54, 66, 68, 86, 123).

Bei einer bestehenden ausgeprägten Exsikkose besteht das Risiko einer Anurie nach Kontrastmittelgabe (117).

Weiterhin muss eine Allergieanamnese erhoben werden, da nach jodhaltigen Kontrastmitteln Unverträglichkeiten vom banalen Haut- Rush bis zum anaphylaktischen Schock auftreten können. Insbesondere bei Patienten mit bereits bekannter Kontrastmittelreaktion, allergischer Diathese, schweren kardialen oder pulmonalen Erkrankungen besteht ein erhöhtes Risiko für ein Auftreten einer pseudoallergischen Reaktion, das heißt, einer nicht immunologisch bedingten Reaktion mit Symptomen einer Allergie. Bei strenger Indikationsstellung sollte hier eine prophylaktische Prämedikation mit H1- und H2- Antagonisten i.v. ca. 10 Minuten vor der Kontrastmittelgabe erfolgen (97).

Das Urogramm sollte ferner nicht während einer akuten Kolik durchgeführt werden, da das Kontrastmittel eine osmotische Diuresesteigerung herbeiführt und zur Zunahme der Symptomatik führen kann (41).

---

Ferner besteht die Gefahr durch die Kontrastmittelgabe während einer Ureterkolik eine Fornixruptur zu induzieren bzw. zu verschlimmern. Deswegen sollte die Kontrastmittelgabe im symptomfreien Intervall erfolgen. Eine Kontrastmittelgabe kann auch eine Ureterkolik auslösen (117).

Um die Strahlenbelastung zu minimieren und auch um Filmmaterial zu sparen, werden bei der Ausscheidungsurographie routinemäßig nur wenige Standardaufnahmen angefertigt (55). Dazu zählt die native Abdomenübersichtsaufnahme in Rückenlage, die Füllungsaufnahme 10 Minuten nach Kontrastmittelgabe und die Stehaufnahme nach Miktion 25 Minuten nach Kontrastmittelgabe. Je nach Fragestellung muss das Untersuchungsprogramm durch fakultative Zusatzaufnahmen erweitert werden (55).

Im Ausscheidungsurogramm geben folgende radiologische Zeichen Hinweise auf eine Urolithiasis (52):

- Die Kalkherde auf der nativen Abdomenübersichtsaufnahme besitzen bei Nierenausgusssteinen oft eine typische Kelchform oder sind an physiologischen Ureterengen (subpelvin, Linea terminalis, prävesikal) lokalisiert. In der Harnblase sind Konkremente häufig geschichtet und rund.
- Röntgenegative Steine verursachen Kontrastmittelaussparungen.
- Eine Ektasie von Ureter und Pyelon, eine Hydrokalix, Hydronephrose und ein Hydroureter sind Zeichen einer steinbedingten Harnabflussbehinderung.
- Ein verlängerter nephrographischer Effekt, das heißt, eine intraparenchymatöse Kontrastmittelkonzentrierung infolge einer intratubulären Flussverlangsamung und einer verstärkten Wasserresorption, ist Zeichen einer Nierenfunktionsstörung. Es kann bis zum völligen Erliegen der Nierenfunktion kommen, man spricht dann von einer stummen Niere.
- Ein Fornix- Sinus- Reflux entsteht durch Einrisse der Fornices infolge der intraluminalen Drucksteigerung. Dies kann bis zu einer Fornixruptur mit Urinextravasation führen.
- Bei einem unmittelbar prävesikal liegenden bzw. intramuralen Harnleiterstein kann ein Ureterostiumödem eine wandständige Kontrastmittelaussparung verursachen.

---

Bis vor wenigen Jahren stand die Ausscheidungsurographie an erster Stelle in der Diagnostik des akuten Flankenschmerzes zur Detektion von Harnleitersteinen.

Das änderte sich nachdem erste Veröffentlichungen von Smith et al. 1995 erschienen, die den Nutzen der nativen Spiral- Computertomographie in der Differenzialdiagnostik akuter Flankenschmerzen dokumentierten (112, 113, 114, 115). Dabei erwies sich die native Spiral- Computertomographie als ein effektiveres und schnelleres Verfahren als die bisher üblichen Verfahren mit vergleichsweise hoher differenzialdiagnostischer Aussagesicherheit.

Zu weiteren Veröffentlichungen wird auf das Kapitel 1.3 verwiesen.

### Computertomographie

Ausführliche Beschreibungen hierzu erfolgen im Kapitel. 1.2. und 1.3..

### Magnetresonanz- Urographie

Ihre Treffsicherheit ist bei der Steindiagnostik der Computertomographie deutlich unterlegen. Verantwortlich hierfür sind die noch unzureichende Ortsauflösung und die fehlende Signalintensität von Konkrementen (55, 118).

### Nuklearmedizin

Es lassen sich lokale Retentionen im Sequenzszintigramm sowie ein obstruktiver und spastischer Entleerungstyp im Isotopennephrogramm finden (55).

### Angiographie

Mit dieser Methode lässt sich eine globale oder regionale Parenchymatrophie darstellen, ansonsten ist diese Methode hinsichtlich der Steindiagnostik irrelevant (55).

---

## 1.1.8 Therapie

### 1.1.8.1 Therapie des Schmerzes

Die Behandlung von Patienten mit Ureterkoliken erfolgt meist in den Rettungsstellen der Krankenhäuser. Nach der Diagnosestellung steht die Schmerzbekämpfung an erster Stelle (104).

Durch einen gezielten Einsatz von Analgetika werden einerseits die Schmerzen gebessert und andererseits der intraluminale Druck im gestauten Nierenhohlraum gesenkt (74). Die Analgetika sollten schnell und sicher wirken, gut steuerbar sein sowie geringe Nebenwirkungen haben.

Laut experimentellen in vivo Studien von Weiss und Zwergel et al. sinkt der Nierenbeckendruck nach intravenöser Gabe von Prostaglandinsynthasehemmern Metamizol und Indometazin (133, 134, 140, 141). Die gleichen Studien ergeben, dass die intravenöse Gabe von N- Butyl- Scopolamin dagegen keinen Einfluss auf den Nierenbeckendruck hat (133, 134, 140, 141).

Sollte die Wirkung von Metamizol nicht ausreichend sein, so wird laut Moormann die Kombination mit einem schwach wirkenden Opioid empfohlen (74). Auf Grund des emetogenen Effekts der Opiode sowie der vegetativen Begleitsymptome einer Ureterkolik mit Brechreiz und Erbrechen wird eine zusätzliche Gabe eines Antiemetikums mit sedierender Komponente (z.B. Metoclopramid, Dihydrobenzperidol-DHB oder Triflupromazin) als sinnvoll erachtet (74).

Um im klinischen Alltag eine ausreichend schnelle Analgetikawirkung zu erzielen, hat sich eine parenterale Verabreichung bewährt (74).

### 1.1.8.2 Therapie der Uretersteine

An die Schmerzbehandlung sollte sich durch Diureseförderung, Wärmeapplikation, reichlich Bewegung und durch Stuhlregulation der Versuch einer Steinaustreibung anschließen, der bei 80 % der Uretersteine erfolgreich ist (104).

---

Laut Fretschner et al. und Segura et al. liegt für Steine mit einer Größe bis zu 5 mm die Wahrscheinlichkeit eines spontanen Abganges bei 98 % (21, 106). Dabei ist die Chance bei distalen Harnleiterkonkrementen verständlicherweise größer als bei proximal gelegenen Uretersteinen (7, 21, 106).

Steine von über 8 mm Größe, persistierende heftigste Schmerzen bzw. rezidivierende medikamentös nicht beherrschbare Ureterkoliken, eine lang andauernde Obstruktion mit der Gefahr einer Nierenschädigung, fieberhafte Harnwegsinfekte mit der Möglichkeit einer Ausbildung einer Pyonephrose und/ oder einer Urosepsis sowie nicht abgangsfähige Steine stellen eine Indikation zur sofortigen Intervention dar (7, 21, 70).

Insbesondere bei Patienten mit Fieber oder einer Urosepsis, die vor allem bei älteren Patienten oder Diabetikern häufig nur durch eine Verschlechterung der Gerinnungsparameter (Abfall der Thrombozytenzahl) erkannt wird, ist eine fachurologische Weiterbehandlung mit Harnableitung dringend erforderlich (74).

Als interventionelle Steintherapie wird die aktive Entfernung von Konkrementen aus dem Harntrakt oder die Zertrümmerung der Konkreme in spontan abgangsfähige Partikel bezeichnet (70). Sie ist eine rein symptomatische Behandlung.

Besteht die Indikation zur interventionellen Steintherapie bei Harnleitersteinen, ergibt sich die Frage, ob eine Ureterorenoskopie (URS) oder die extracorporale Stoßwellenlithotripsie (ESWL) primär eingesetzt werden soll. Nach den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Urologie ist bei proximalen Harnleitersteinen die ESWL Therapie der Wahl (7, 21). Bei distalen Harnleitersteinen sind die URS und die ESWL gleichwertig. Die URS ist mit einer Erfolgsrate von 95%iger Steinfreiheit effektiver als die ESWL mit 73%iger Steinfreiheit, jedoch ist die URS deutlich invasiver (21, 127). Die ESWL kann meist sogar ohne Narkose durchgeführt werden. Die perkutane Nephrolitholapaxie (PNL) ist das Mittel der Wahl bei großen Steinmassen im Nierenbeckenkelchsystem (21). In allenfalls noch 1 % der Fälle sind zur Therapie der Urolithiasis offen operative Eingriffe notwendig (21).

## 1.2 Computertomographie

### 1.2.1 Grundlagen

Die Computertomographie ist ein röntgenologisches Verfahren zur Erstellung von Transversaltomogrammen (56).

Unter Verwendung der Röntgenstrahlung werden Schichtaufnahmen angefertigt. Mit einem speziellen Abtastsystem wird die Schwächung einer Körperschicht gemessen und die daraus resultierenden Schwächungswerte mittels eines Rechners in ihrer örtlichen Verteilung rekonstruiert und mit entsprechenden Graustufen versehen, um so auf dem Monitor abgebildet zu werden (56).

Dabei sind die Röntgenröhre und die Detektoren mechanisch miteinander verbunden und befinden sich genau gegenüberliegend. Sie bewegen sich auf einer Kreisbahn um den unbewegten Patienten. Ein Röntgenstrahlenfächer (Fan Beam) durchdringt den Körper in der definierten Schichtebene. Die ausgesendeten Röntgenstrahlen werden absorbiert, gestreut oder durchdringen den Körper und werden in der gegenüberliegenden Detektorleiste erfasst. Die so gemessenen Schwächungswerte erlauben mittels komplexer Algorithmen die Rekonstruktion eines Querschnittbildes (56).

Um die Untersuchungsparameter mit anderen Computertomographieerätensystemen vergleichbar machen zu können, werden die gemessenen Schwächungskoeffizienten auf Wasser bezogen. Dazu verwendet man relative Schwächungswerte, die die Hounsfield-Skala (HE) wiedergibt. Wasser gilt als Referenzwert und besitzt einen Wert von 0 HE, Luft – 1000 HE, Knochenkompakta bis 3000 HE. Die Gesamt- Werteskala beträgt 4000 HE (56).

Grundlegende Beiträge zur Entwicklung der Technik lieferten Hounsfield und Ledley Anfang der 70er Jahre (40, 57, 58). Der wesentliche Vorteil dieser Methode besteht in der überlagerungsfreien Darstellung.



---

## 1.2.2 Spiral- Computertomographie

Eine revolutionäre Weiterentwicklung der Computertomographie bestand in der Einführung der Spiral- Computertomographie 1989 durch W.A. Kalender und P. Vock (42, 43, 44).

Es erfolgt eine lückenlose Datenerfassung der untersuchten Körperregion bei einem kontinuierlich rotierenden Aufnahmesystem, bei kontinuierlicher Strahlung und kontinuierlichem Tischvorschub. Daraus ergibt sich ein spiralförmiger Datensatz, der im Rechner kontinuierlich verarbeitet werden kann. Aus diesem Datensatz können die Schichten beliebig überlappend (mit Interpolation) berechnet werden (56).

Der klinisch entscheidende Vorteil besteht in der Möglichkeit, große Körperbereiche in kurzer Zeit, z.B. während einer Atemanhaltephase, kontinuierlich zu erfassen. Kleine atemverschiebliche Läsionen, welche der konventionellen Computertomographie entgehen können, werden in der Spiraltechnik somit sicher erfasst.

Die Tischvorschubgeschwindigkeit ist dabei variabel wählbar, sie kann von 1 x Schichtdicke pro Sekunde (Pitch- Faktor 1) auf 2 x Schichtdicke pro Sekunde (Pitch- Faktor 2) gesteigert werden. Bei einem Pitch- Faktor 1 wird der Tisch während einer Röhrenrotation um eine nominelle Schichtdicke durch die Messebene fahren (56).

Nach Kalender et al. bringt die Spiral- Computertomographie keine Erhöhung der Patientendosis mit sich. Sie ist identisch mit der, die bei einer lückenlosen Abtastung des gleichen Volumens mit Einzelschichten und gleichen mAs- Werten erreicht wird. Da bei der Spiral- Computertomographie aufgrund der begrenzten Röhrenbelastung generell niedrigere mAs- Werte als bei der konventionellen Computertomographie angewendet werden, ist somit die Dosis effektiv niedriger (43, 44, 53).

Betrachtet man den technischen Fortschritt der letzten Jahre, so muss der rasante Einzug der Multidetektorgeräte (Multislice- Computertomographie) erwähnt werden. Die Zahl der installierten Geräte nimmt laufend zu und aufgrund ihrer unbestreitbaren Vorteile hat die Multislice- Computertomographie eine zentrale Rolle in der bildgebenden Diagnostik eingenommen. Die neuesten auf dem Markt befindlichen Geräte besitzen 64 Detektorreihen. Die Untersuchungen sind unkompliziert und schnell

---

durchführbar, ergeben eine konstante und reproduzierbare Bildqualität und die Bilddaten können in anschaulicher und übersichtlicher Weise multiplanar und dreidimensional visualisiert werden (38).

Durch die hohe Scangeschwindigkeit der Multislice- Computertomographie kann im Vergleich zur Singleslice- Computertomographie das gleiche oder ein größeres Volumen bei gleichbleibender Schichtdicke in wesentlich kürzerer Zeit untersucht werden bzw. gleiche Volumen in vergleichbarer Zeit mit dünneren Schichten (38).

Problematisch ist die zum Teil deutlich höhere Strahlenexposition der Patienten, sowohl im Vergleich zur Singleslice- Computertomographie als auch im Vergleich zu anderen diagnostischen radiologischen Verfahren. Die Multislice- Computertomographie bietet jedoch zahlreiche Möglichkeiten zur Dosisersparung. Durch die Wahl adäquater Aufnahmeparameter, die bessere Dosisektivität im Vergleich zur Singleslice- Computertomographie sowie durch die Einschränkung von Mehrphasenuntersuchungen kann die Dosis deutlich reduziert werden. Moderne Untersuchungsgeräte bieten darüber hinaus intelligente technische Lösungen zur Dosisreduktion wie die EKG-gestützte oder die körperquerschnittsabhängige Röhrenstrommodulation (24, 38, 110).

### **1.2.3 Möglichkeiten der Bildnachverarbeitung**

Die konventionell bzw. durch die Spiral- Computertomographie gewonnenen planaren Schichtbilder bedeuten nicht das Ende der Bilddarstellung.

Mittlerweile stehen eine ganze Reihe von Möglichkeiten der Bildnachbearbeitung zur Verfügung, welche die Diagnosefindung verbessern bzw. vereinfachen können oder auch der besseren Visualisierung für den Kliniker dienen.

Grundlage dafür sind die Volumendatensätze. Bei den Datensätzen der konventionellen Computertomographie ergeben sich Probleme mit der Qualität des Volumendatensatzes. Die überlappenden Datensätze der Spiral- Computertomographie verbessern die Qualität der Nachbearbeitung erheblich. Um eine hohe Bildqualität bei der Nachverarbeitung zu erreichen, ist es wichtig, mindestens 2 Bilder pro nomineller Schichtdicke zu berechnen, um eine ausreichende Überlappung zu erreichen. Aus

---

diesen planaren Schichtbildern lassen sich dann 2D- oder 3D- Rekonstruktionen generieren (39, 56, 135).

Fügt man nun alle transversalen Schichtbilder übereinander, erhält man einen Volumensatz, aus dem man mittels multiplanarer Rekonstruktionen beliebige Sekundärschnitte horizontal, vertikal, beliebig quer oder auch frei Hand in Kurvenform legen kann. Die dadurch erzielten coronaren oder sagitalen Körperdarstellungen stellen eine Erweiterung der Bildarstellungsmöglichkeiten dar. So erhält man mehr Informationen über den Verlauf bzw. die räumliche Ausbreitung von Organen oder pathologischen Prozessen (56, 135).

Mittels der Multislice- Computertomographie ist es sogar möglich, sehr große Volumina, zum Beispiel das komplette Abdomen oder den gesamten Thorax, während einer Atemphase zu untersuchen. Dadurch wird ein Datensatz gewonnen, der eine sogenannte isotrope Voxelgeometrie aufweist. Isotrope Voxelgeometrie bedeutet, dass die Bildelemente, aus denen das Computertomographiebild zusammengesetzt ist, in allen drei Dimensionen (x-, y- und z- Achse) die gleiche Kantenlänge aufweisen. Damit wird es möglich, Sekundärrekonstruktionen ohne Verlust der räumlichen Auflösung zu erstellen. Damit ist die Computertomographie endgültig nicht mehr auf die axialen Schichten angewiesen. Vielmehr liefert die Multislice- Computertomographie brillante Sekundärrekonstruktionen in Ebenen, die noch vor kurzem alleiniges Feld der Magnetresonanztomographie waren (38).

#### **1.2.4 Kontrastmittelanwendung**

Das Ziel der intravenösen Kontrastmittelgabe ist die verbesserte Erkennbarkeit von Tumoren, Abszessen und anderen pathologischen Prozessen durch ihr Kontrastmittelaufnahmeverhalten (Durchblutung) einerseits und die Darstellung der Gefäße andererseits.

Die Injektionsmenge und die Injektionsgeschwindigkeit müssen der Fragestellung und der Technik angepasst werden. Der Kontrastmittelbolus ist entsprechend dem Beginn

---

und der Dauer der Untersuchung zu wählen. So kann das Kontrastmittel in der arteriellen Phase, also in den ersten Sekunden nach der Injektion, in den großen arteriellen Gefäßen nachgewiesen werden. Danach erfolgt die zunehmende Darstellung der venösen Gefäße und die Kontrastierung des Parenchyms der Organe (56).

Die Kontrastmittelmengen liegen üblicherweise zwischen 1- 3 ml/ kg Körpergewicht nicht- ionischen Kontrastmittels (300 mg Jod/ ml) bei einer Injektionsgeschwindigkeit zwischen 1- 3 ml/ Sekunde, bei speziellen Fragestellungen bis 5 ml/ Sekunde (56).

Bei Computertomographie- Untersuchungen des Abdomens und des kleinen Beckens ist es für die spätere Differenzierung zwischen Gastro- Intestinaltrakt und benachbart liegenden Organen, Gefäßen, Muskeln und/ oder pathologischen Prozessen sehr hilfreich, wenn die Dichte des Magens und des Darmlumens durch ein oral und/ oder rectal verabreichtes Kontrastmittel angehoben wird (39).

Den besten Schleimhautbeslag erzielt man mit Bariumsulfat. Dieses Kontrastmittel darf nicht eingesetzt werden, wenn nachfolgend ein bauchchirurgischer Eingriff geplant ist, bei dem eine notwendige Eröffnung des Darmlumens im Rahmen von Teilresektionen/ Anastomosennähten vorgenommen wird oder eine Verletzung des Gastro- Intestinaltraktes nicht ausgeschlossen werden kann. Weiterhin darf Bariumsulfat nicht verwendet werden, wenn der Verdacht auf eine Fistelbildung oder Perforation besteht. In diesem Fall muss ein wasserlösliches Kontrastmittel, beispielsweise Gastrografin, eingesetzt werden. Dieses wird bei einer Ausbreitung in der freien Bauchhöhle wieder vom Körper resorbiert (39).

### 1.3 Stand der Wissenschaft

Die Spiral- Computertomographie ist heute integraler Bestandteil der Diagnostik akuter abdomineller und pelviner Beschwerden (72).

Sie hat eine herausragende Rolle bei der Suche nach Tumoren und Metastasen, insbesondere im Rahmen eines Tumorstaging bei malignen Tumoren (17).

In der Diagnostik des Retroperitonealraumes ist die Spiral- Computertomographie bei der Suche nach Tumoren und Entzündungen der Nieren und des Pankreas sowie bei der Detektion von veränderten Lymphknoten unersetzlich (16, 25, 137, 139). Durch den Einsatz von intravenösem Kontrastmittel kann in dynamischen Phasen das Kontrastmittelverhalten verdächtiger Strukturen untersucht werden, wodurch eine bessere diagnostische Aussagekraft erzielt wird (20, 80).

Bei traumatisierten Patienten ist eine schnelle Diagnostik oft lebensrettend, da hier bei massiven Blutungen aus rupturierten Organen und/ oder großlumigen Gefäßen eine schnelle Erkennung der intra- oder retroperitonealen Blutungsquelle unverzichtbar ist. Durch die kurze Untersuchungszeit der Spiral- Computertomographie können ggf. noch während der Berechnung der Bilder therapeutische Maßnahmen veranlasst werden. Nach der klinischen Untersuchung, der Sonographie und einer eventuellen Peritoneallavage ist die Computertomographie das nächstfolgende Instrumentarium bei nicht auszuschließender intra- bzw. retroperitonealer Verletzung (8, 23, 64, 76, 80, 90).

#### Vergleich der bildgebenden Verfahren in der Diagnostik des akuten Flankenschmerzes

Bis vor einigen Jahren standen die Sonographie, die Abdomenübersichtsaufnahme in Rückenlage und die Ausscheidungsurographie in der Diagnostik einer Urolithiasis an erster Stelle. Die Spiral- Computertomographie spielte bis dahin in der Diagnostik des akuten Flankenschmerzes keine Rolle.

Das änderte sich seitdem erste Veröffentlichungen von Smith et al. 1995 erschienen, die den Nutzen der nativen Spiral- Computertomographie in der Differenzialdiagnostik akuter Flankenschmerzen dokumentierten (112, 113, 114, 115). Dabei erwies sich die native Spiral- Computertomographie als ein effektiveres und schnelleres Verfahren als

die bisher üblichen Verfahren mit vergleichsweise hoher differenzialdiagnostischer Aussagesicherheit.

In der ersten Studie von Smith et al. wurden 20 Patienten mit akuten Flankenschmerzen sowohl der nativen Spiral- Computertomographie als auch der intravenösen Urographie unterzogen. Dabei ergab sich bezüglich der Detektion von Uretersteinen eine höhere Sensitivität und Spezifität für die native Spiral- Computertomographie gegenüber der Ausscheidungsurographie. Die Effektivität hinsichtlich der Darstellung einer Harnstauung war zwischen der nativen Spiral- Computertomographie und der Ausscheidungsurographie annähernd identisch (112).

Seit 1995 erschienen weltweit weitere Studien, in denen der Nutzen der nativen Spiral- Computertomographie gegenüber herkömmlichen Methoden in der Differenzialdiagnostik akuter Flankenschmerzen geprüft wurde (2, 5, 10, 14, 18, 19, 30, 32, 33, 35, 45, 46, 59, 61, 71, 75, 77, 84, 107, 116, 121, 124, 131, 136, 138).

Übereinstimmend zu den ersten Ergebnissen von Smith et al. kamen die Arbeitsgruppen zu dem Schluss, dass die native Spiral- Computertomographie effektiver bei der Detektion von Uretersteinen und ebenso aussagekräftig bei dem Nachweis einer Harnstauung ist.

Boulay et al., Dalrymple et al., Dorio et al., Fielding et al., Hamm et al., Heidenreich et al., Miller et al., Nachmann et al., Niall et al., Smith et al. sowie Vieweg et al. geben Sensitivitäten für die native Spiral- Computertomographie hinsichtlich der Uretersteindetektion von 95- 100 % bei einer Spezifität von 92 – 100 % an (5, 10, 14, 19, 31, 32, 33, 35, 71, 75, 77, 113, 114, 131).

Im Vergleich dazu erreicht die Abdomenübersichtsaufnahme in Rückenlage nur eine begrenzte Sensitivität von 45- 58 % und eine Spezifität von 60- 77 %, da röntgennegative Konkremente nicht darstellbar sind. Des Weiteren erschweren Überlagerungen mit Luft, Darminhalt und/ oder knöchernen Strukturen den Steinnachweis. Häufig ist eine Abgrenzung zu Verkalkungen im kleinen Becken schwierig (7, 30, 31, 32, 61, 71, 119, 131).

Auch die Ausscheidungsurographie erreicht laut Boulay et al., Miller et al., Niall et al., Szolar et al., Smith et al., Sommer et al., Svedström et al. und Yilmaz et al. nur eine

---

Sensitivität (steinbezogen) von 52 – 95 % und eine Spezifität von 78- 94 % (5, 71, 77, 94, 112, 116, 119, 138).

Die Sonographie ist zwar in der Lage eine Hydronephrose und Ureterektasie hervorragend abzubilden, hier wird von Hamm et al. eine Sensitivität von 89 % angegeben (31). Laut Fielding et al. fehlt diese jedoch häufig in der Frühphase (19).

In den von Hamm et al. untersuchten Patientengruppen liegt häufig eine Harnstauung ohne Nachweis eines Uretersteines vor, was zu einer geringen Spezifität von 61 % führt (31).

Eine direkte sonographische Darstellung der Uretersteine gelingt aufgrund der fehlenden vollständigen Einsehbarkeit des Ureters meist nicht (30, 31, 32, 71, 138).

Ein enormer Vorteil der Spiral- Computertomographie besteht in der Möglichkeit, Alternativdiagnosen bei Patienten ohne Nachweis eines Uretersteines zu erheben. Dazu zählen neben urologischen Erkrankungen auch nichturologische Pathologien (10, 14, 19, 31, 33, 35, 61, 71, 75, 77, 112, 114, 115, 116, 124, 131).

Die Spiral- Computertomographie ist im Gegensatz zur Abdomenübersichtsaufnahme in Rückenlage und Ausscheidungsurographie in der Lage, neben kalziumhaltigen Steinen auch alle anderen, sogenannte röntgennegative, Konkrementen exakt darzustellen (5, 18, 19, 59, 71, 84, 94, 114, 131).

Als erste Arbeitsgruppe stellten Smith et al. 1995 sowie nachfolgend Kawashima et al. und Heneghan et al. fest, dass das periureterale Weichteilzeichen- das sogenannte „soft- tissue rim sign“- in der nativen Spiral- Computertomographieuntersuchung ein sehr spezifisches Zeichen für einen Ureterstein ist (36, 47, 112, 115). Die Arbeitsgruppen von Kawashima et al. und Heneghan et al. postulierten, dass die Ab- bzw. Anwesenheit dieses Zeichens statistisch signifikant mit der Steingröße zusammenhängt (36, 47). Das Vorhandensein dieses Zeichens konnte die Arbeitsgruppe von Szolar et al. in ihrer Studie bestätigen, allerdings konnten sie in ihrer Auswertung keinen Zusammenhang mit der Steingröße finden (94). Diese Arbeitsgruppe postulierte die These, dass jeder Ureterstein, unabhängig von seiner Größe, den Harnleiter irritieren und somit ein Wandödem verursachen könne.

---

Des Weiteren sind die perirenale Weichteilinfiltration und/ oder die Harnwegsdilatation unspezifische Merkmale, die mitunter zusätzliche Informationen bei diagnostischen Problemfällen liefern können (45, 113).

In der Bestimmung der Konkrementgröße, die Boulay et al., Dalrymple et al., Smith et al. und Viewerg et al. als einen entscheidenden Faktor für die Indikation zur invasiven Therapie betrachten, ist die Spiral- Computertomographie genauer als die konventionelle Röntgendiagnostik (5, 10, 113, 114, 131).

Im Rahmen der Recherchen für diese Arbeit wurde auch eine Studie von Sudah et al. gefunden, welche die native Spiral- Computertomographie mit der Magnetresonanz-Urographie in der Abklärung von akuten Flankenschmerzen verglich (118). Diese Arbeitsgruppe favorisiert die native Spiral- Computertomographie als die Methode der ersten Wahl. Laut dieser Veröffentlichung stellt die Magnetresonanz- Urographie ein exaktes und angemessenes Alternativverfahren bei ausgewählten Patienten dar.

### Problematik Kosten

Als Nachteil der nativen Spiral- Computertomographie wurden zunächst die höheren Kosten gesehen. Allerdings sind hier Ergebnisse aus anglo- amerikanischen Zentren und Übersee aufgrund anderer Gesundheitssysteme nur schwer vergleichbar (96, 124). Als erste Arbeitsgruppe in Mitteleuropa beschäftigten sich Szolar et al. aus Graz mit der Bedeutung der Spiral- Computertomographie in der Diagnostik des akuten Flankenschmerzes. Sie prüften auch die tatsächlichen Kosten, aufgeschlüsselt nach direkten und indirekten Kosten (94). Diese Untersuchungsgruppe kam zu dem Ergebnis, dass die direkten Kosten einer Ausscheidungsurographie höher als die der nativen Spiral- Computertomographie sind (141,60 EURO für die Ausscheidungs-urographie versus 117,27 EURO für die native Spiral- Computertomographie). Weiterhin kamen sie zu dem Schluss, dass bei gleichem Personal- und Geräteaufwand, aufgrund der deutlich kürzeren Untersuchungszeit der Spiral- Computertomographie, diese nur 16,7 % der indirekten Kosten der Ausscheidungsurographie verursacht. Damit ist die native



---

Spiral- Computertomographie gesamtheitlich sogar deutlich billiger als die Ausscheidungsurographie.

### Problematik Strahlenbelastung

Hinsichtlich der Strahlenbelastung gibt es in der Literatur abhängig von der Technik und der Berechnungsmethode unterschiedliche Angaben (13, 18, 31, 71, 94, 114, 131). Denton et al., Hamm et al., Szolar et al., Smith et al. und Vieweg et al. gehen von einer zwei- bis dreifach höheren Strahlenexposition durch die native Spiral- Computertomographie gegenüber der Ausscheidungsurographie aus (13, 31, 94, 114, 131).

Jedoch muss auch erwähnt werden, dass bei der Ausscheidungsurographie zusätzlich angefertigte Tomographien, Zonographien und vor allem Spätaufnahmen zu einer höheren Strahlenexposition führen.

Zur Zeit laufen unterschiedlichste Bestrebungen diese höhere Strahlenexposition zu reduzieren.

Liu et al. beschrieben als erste Arbeitsgruppe eine Dosisreduktion durch Änderungen der Aquisitions- und Rekonstruktionsparameter ohne signifikanten Verlust der diagnostischen Genauigkeit (60).

Mit den Ergebnissen von Hamm et al. wurde eine Studie aus Deutschland veröffentlicht, in der ebenfalls mittels veränderter Untersuchungsparameter (120 kV, 70 mA, Kollimation 5 mm, Pitch- Faktor 2, Inkrement 5 mm) eine deutliche Reduktion der Strahlendosis erzielt wurde (33). Die erreichte effektive Äquivalentdosis von 1,50 mSv bei Frauen und 0,98 mSv bei Männern liegt sogar unter der Dosis der Ausscheidungsurographie mit 1,3- 2,3 mSv. Die Sensitivität und Spezifität hinsichtlich der Detektion eines Uretersteines betrug trotzdem 96 % bzw. 97 % (33).

Des Weiteren gibt es bei den verschiedenen Herstellern von Computertomographieräten neueste technologische Entwicklungen, die eine Dosisreduktion ermöglichen.

Hier sei speziell auf das C.A.R.E.- Programm der Siemens AG hingewiesen.

Siemens, Bereich Medizinische Technik, hat im Rahmen seiner C.A.R.E. Philosophie

---

(C.A.R.E. steht für Combined Applications to Reduce Exposure) eine neue Technologie entwickelt, wo während des gesamten Scan- Vorganges der Körperquerschnitt des Patienten exakt verfolgt wird. Die Strahlungsschwächung wird gemessen und die Röhrenleistung in Echtzeit reguliert. Diese Modulationstechnik basiert auf dem Prinzip, dass die Schwächung der Röntgenstrahlen im Querschnitt des menschlichen Körpers variiert, je nach dem, aus welcher Richtung die Strahlen auf den Körper auftreffen. So muss die Röhrenleistung und damit die Stärke der Strahlung für eine Untersuchung der Schultern, beispielsweise von einer seitlichen Projektion, wesentlich höher sein, als die einer anterior- posterioren Projektion. Da die Dosis eines CT- Gerätes direkt proportional zur Röhrenleistung ist, wird durch die sogenannte C.A.R.E.- Dose- Technologie eine Reduktion der Strahlendosis zwischen 10 und 50 % erreicht, je nach gescannter Körperregion (27, 108, 110).

#### Probleme in der Diagnostik eines Harnleiterkonkrementes

Ferner soll hier im Rahmen dieses Kapitels auf eventuelle Schwierigkeiten in der Diagnostik eines Uretersteines mittels der nativen Spiral- Computertomographie hingewiesen werden. Laut Boulay et al., Dalrymple et al., Fielding et al., Hamm et al., Katz et al., Miller et al., Preminger et al., Smith et al., Sommer et al. und Vieweg et al. können bei distalen Uretersteinen ohne wesentliche Harnstauung und benachbart liegenden Phlebolithen im kleinen Becken sowie bei extrem schlanken Patienten mit gering ausgeprägtem retroperitonealen Fett Schwierigkeiten bei der Differenzierung auftreten (5, 10, 19, 31, 45, 46, 71, 84, 112, 116, 131).

#### Nachteil der nativen Spiral- Computertomographie

Als Nachteil der nativen Spiral- Computertomographie wird von Hamm et al. die fehlende Beurteilbarkeit der Nierenfunktion angesprochen (31).

---

## Vergleich der bildgebenden Verfahren in der Diagnostik sonstiger akuter abdomineller Schmerzen

In dieser Arbeit stellte der akute Flankenschmerz das führende Symptom in der Auswertung dar. Jedoch wurden auch weitere kleinere Patientengruppen mit ausgewählten Symptomen unter dem klinischen Bild unklarer akuter abdomineller Schmerzen mitefassen.

In den letzten Jahren hat sich die bildgebende Diagnostik bei akuten abdominellen Schmerzen rapide gewandelt. Wie schon angesprochen, ist die ehemals dominierende Abdomenübersichtsaufnahme heute durch die Sonographie und besonders durch die Spiral- Computertomographie in den Hintergrund gedrängt worden. Dennoch ist eine fundierte klinische Differenzialdiagnostik vor Indikationsstellung zur radiologischen Diagnostik nach wie vor wichtig, um die Schnittbildmethoden effizient einsetzen zu können. Wegen der nachteiligen Untersucherabhängigkeit der Sonographie verschiebt sich das Indikationsspektrum zunehmend in Richtung Computertomographie.

Insbesondere Studien aus anglo- amerikanischen Zentren zeigen den hohen Stellenwert der Spiral- Computertomographie in der Diagnostik akuter abdomineller Schmerzen auf (62, 72, 73, 111, 126, 129, 130).

Malone, Mindelzun et al., Siewert et al., Tsushima et al. sowie Urban et al. stufen die Spiral- Computertomographie als äußerst leistungsfähige, schnelle und kosteneffiziente Methode ein.

Ein zielgerichteter Einsatz von Kontrastmittel oral/ rectal oder intravenös verabreicht (in entsprechender Menge und Flussgeschwindigkeit) sowie entsprechend der Fragestellung eine gezielt gewählte Schichtdicke sowie Pitch- Faktor kann die Genauigkeit der Diagnose erheblich verbessern. So ist eine hohe Flussgeschwindigkeit des intravenös applizierten Kontrastmittels ( $\text{flow} \geq 3 \text{ ml/s}$ ) entscheidend für die Beurteilung einer akuten Pankreatitis, einer Ischämie des Darmes, eines Aortenaneurysmas oder einer Aortendissektion. Enge Schichtdicken und ein kleines Rekonstruktionsintervall helfen bei der Detektion von Konkrementen im Bereich des biliären Systems. Mehrphasige Schnittführungen über die Nieren unter intravenöser

---

Kontrastmittelgabe geben Aufschluss über Perfusionsausfälle bei einer akuten Pyelonephritis bzw. bei einem Niereninfarkt.

Der parallele Einsatz von oralem und intravenösem Kontrastmittel ist bei der Suche nach einer Perforationsstelle im Bereich des Dünndarmes wichtig. Die Spiral-Computertomographie mit rectaler Kontrastmittelgabe ist für die Diagnose der Divertikulitis sehr sensitiv. Sie hat in vielen Kliniken die konventionelle retrograde Kontrastmitteluntersuchung des Colons ersetzt. Die Spiral- Computertomographie ist ebenfalls die Methode der Wahl zum Nachweis von Komplikationen postoperativ bzw. postinterventionell, wie beispielsweise eines perikolischen Abszesses oder einer Perforation (129, 130).

Die akute Appendizitis ist nicht nur eine der häufigsten Ursachen von akuten rechtsseitigen Unterbauchschmerzen, sondern auch des akuten Abdomens (63).

Laut Marinček werden Patienten mit akuter Appendizitis oft ohne vorherige bildgebende Diagnostik operiert. In einem Drittel der Fälle ist jedoch wegen der unsicheren Diagnose eine präoperative Bildgebung notwendig. Die Abdomenübersichtsaufnahme ist vielerorts noch integraler Bestandteil der radiologischen Abklärung, obgleich ein pathologischer Befund in < 50 % der Fälle vorliegt. Diagnosehinweisend kann ein verkalkter Appendikolith sein, welcher aber in weniger als 5 % der Fälle beobachtet wird (63).

Die Sonographie ist eine wichtige bildgebende Modalität bei Verdacht auf eine Appendizitis. In den letzten Jahren nimmt die Spiral- Computertomographie, insbesondere in Studien aus den USA von Nino- Murcia et al., Raman et al., Ratani et al. und Urban et al., eine zunehmende Rolle in der Diagnostik der akuten Appendizitis ein (79, 82, 85, 87, 129, 130).

Demgegenüber stehen europäische Arbeiten von Keeman und Schima, die diese Entwicklung zurückhaltender betrachten und den Ertrag der Spiral-Computertomographie als zu gering einschätzen, um sie in der Routine einzusetzen (28, 48, 99). In der Veröffentlichung von Schima ist die Sonographie ein effizientes Verfahren in der Diagnostik der akuten Appendizitis und Cholezystitis (99). Die Spiral-Computertomographie ist hiernach die Methode der Wahl bei einer suspekten Darmobstruktion oder einer Pankreatitis.

---

Dennoch ist der Einsatz der Spiral- Computertomographie gegenüber der Sonographie auch in Deutschland bei vielen Indikationen im Rahmen des akuten Abdomens im Vormarsch.

Die Sonographie wird zur Untersuchung der Gallenblase und bei Frauen im gebärfähigen Alter zur Abklärung der Beckenorgane bevorzugt. Vorteile der Sonographie sind das Fehlen von ionisierender Strahlung, geringe Kosten und eine breite Verfügbarkeit. Nachteile sind die Untersucherabhängigkeit und die schwierige Durchführung bei Patienten mit Adipositas und/ oder Meteorismus. In diesen Situationen gilt die Spiral- Computertomographie als Methode der Wahl, da sie übersichtlich alle intra- und retroperitonealen Organe und Strukturen sichtbar macht, unbehindert von Darmgasüberlagerung oder Adipositas. Somit ist die Spiral- Computertomographie in einer großen Zahl der Fälle für das weitere Procedere richtungsweisend (129, 130).

In diesem Zusammenhang sei hier nochmals auf die Entwicklung der Multislice- Computertomographiergeräte hingewiesen.

Die Untersuchungen werden für den Patienten nicht nur kürzer und angenehmer, sondern es kann auch wesentlich präziser untersucht werden. Neben den parenchymatösen Organen und dem Skelettsystem ist auch eine detailgenaue Darstellung des Gefäßsystems und des Gastrointestinaltraktes möglich. Durch die wesentlich höhere Auflösung sowie einen größeren untersuchbaren Bereich im Vergleich zu der bisherigen Singleslice- Computertomographie wird die Darstellung kleinerer Gefäße ermöglicht und komplexere Gefäßpathologien können dreidimensional erfasst werden. Ein Vorteil der enormen Scangeschwindigkeit ist die Möglichkeit der Kontrastmiltersparnis (38).