

DISSERTATION

Stellenwert der routinemäßigen Kontrollsonographie (Re-FAST)
bei Traumapatientinnen und -patienten ohne abdominelle Ver-
letzung in der Ganzkörper-CT

-

Role of routine follow-up sonography (Re-FAST) in trauma pa-
tients without abdominal injury on whole-body CT

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Rafael Francesco Dolabella Portella

Erstbetreuer: PD Dr. med. Alexander Baur

Datum der Promotion: 29.11.2024

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis.....	iv
Abkürzungsverzeichnis.....	v
Zusammenfassung	7
1 Einleitung.....	10
1.1 Polytrauma und Schwerverletzte.....	10
1.2 Schockraumbehandlung von potenziell polytraumatisierten Patientinnen und Patienten.....	11
1.2.1 Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma – eFAST ..	12
1.2.2 Konventionelle Röntgendiagnostik.....	23
1.2.3 Ganzkörper-Computertomographie (GK-CT).....	24
1.3 Klinische Überwachung und Tertiary Survey.....	25
1.3.1 Verspätet diagnostizierte Verletzungen	26
1.3.2 Routinemäßige Kontrollsonographie (Re-FAST).....	27
1.4 Fragestellung	29
2 Methodik.....	30
2.1 Studiendesign und Kohorte	30
2.1.1 Ethikvotum	30
2.1.2 Auswahl der Studienkohorte	30
2.2 Polytraumamanagement und Bildgebung	33
2.2.1 Ganzkörper-CT (GK-CT) nach Polytraumaprotokoll	33
2.2.2 Re-FAST - Routinemäßiger Kontrollultraschall nach GK-CT	34
2.3 Datenerhebung	35
2.3.1 Demographische Daten, Traumamechanismus und Bildgebungsbefunde	35
2.3.2 Injury Severity Score (ISS).....	36
2.3.3 Laborparameter	37

2.3.4	Behandlungsverlauf	38
2.4	Statistische Analyse	38
3	Ergebnisse	39
3.1	Studienkohorte	39
3.2	Endpunkte	40
3.3	Patienten mit positivem Re-FAST	40
3.4	Pleurahöhlen und Perikardhöhle	42
3.5	Indikation für weitere Kontrollbildgebung.....	43
4.	Diskussion	45
4.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	45
4.2	Interpretation der Ergebnisse	45
4.3	Einbettung der Ergebnisse in den bisherigen Forschungsstand	47
4.4	Stärken und Schwächen der Studie	50
4.5	Implikationen für Praxis und zukünftige Forschung.....	52
5.	Schlussfolgerungen	54
	Literaturverzeichnis	55
	Eidesstattliche Versicherung	64
	Anteilsklärung an den erfolgten Publikationen.....	65
	Druckexemplar der Publikation.....	67
	Lebenslauf.....	72
	Komplette Publikationsliste.....	74
	Danksagung	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Bildgebende Diagnostik während des und unmittelbar nach dem Primary Survey im TraumaRegister DGU®	13
Tabelle 2. Auflistung aller Ausschlusskriterien.....	31
Tabelle 3. Gründe für weitere Kontrollbildgebung des Abdomens nach Re-FAST	44
Tabelle 4. Übersicht bisheriger Studien zum routinemäßigen Re-FAST im Rahmen des Tertiary Surveys	48

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. eFAST-Positionen des rechten oberen Quadranten der Peritonealhöhle.....	16
Abb. 2. eFAST-Positionen des linken oberen Quadranten der Peritonealhöhle.	17
Abb. 3. eFAST-Positionen für die pelvine Region der Peritonealhöhle.....	18
Abb. 4. Fehlerquellen für eFAST-Positionen der pelvinen Region.....	20
Abb. 5. Flüssigkeitsgefüllter Magen medial der Milz.....	21
Abb. 6. Beispiele für kleine Mengen physiologischer freier Flüssigkeit im Becken junger Frauen.	21
Abb. 7. Beispiel für physiologisch kleine Menge seröser Flüssigkeit im Perikardbeutel eines jungen Mannes.	22
Abb. 8. Patient mit freier Flüssigkeit bei hydroptisch dekompensierter Leberzirrhose...	23
Abb. 9. Flowchart mit Anzahl der ausgeschlossenen Patientinnen und Patienten nach Ausschlusskriterien geordnet.....	39
Abb. 10. Standbilder des Re-FASTs von Patient 2.....	41
Abb. 11. Standbilder der Kontrollsonographie 15 Stunden nach GK-CT von Patient 6.	42

Abkürzungsverzeichnis

ACEP	-	American College of Emergency Physicians
AEC	-	Automated Exposure Control, Begriff aus der CT-Bildgebung
AIS	-	Abbreviated Injury Scale
ASIR	-	Adaptive Statistical Iterative Reconstruction, Begriff aus der CT-Bildgebung
ASS	-	Acetyl-Salicyl-Säure
ATLS	-	Advanced Trauma Life Support ®
B-Mode	-	Brightness-Mode, grundlegender zweidimensionaler Ultraschallmodus
cABCDE	-	Merkschema aus der Schwerverletztenversorgung für einen priorisierten Behandlungsablauf in Präklinik und im Schockraum
CEUS	-	kontrastmittelverstärkter Ultraschall (vom Englischen contrast-enhanced ultrasound)
CT	-	Computertomographie
DD	-	Differentialdiagnose
DGU	-	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.
DPL	-	diagnostische Peritoneallavage
eFAST	-	extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
FAST	-	Focused Assessment with Sonography for Trauma
GK-CT	-	Ganzkörper-Computertomographie
ICD-10 GM	-	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th edition, German Modification
ICD-10 CM	-	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th edition, Clinical Modification

ICDPIC-R	-	International Classification of Diseases Program for Injury Categorisation (ICDPIC) for R statistical software [Programm zur automatisierten ISS-Berechnung]
ISS	-	Injury Severity Score
k.A.	-	keine Angabe
KIS	-	Krankenhausinformationssystem
MSCT	-	Mehrschicht-Spiral-CT (im Englischen Multislice-Spiral-CT)
NICE	-	National Institute for Health and Care Excellence (United Kingdom)
PACS	-	Picture Archiving and Communication System
Re-FAST	-	routinemäßiger Kontrollultraschall nach dem FAST-Protokoll
RIS	-	Radiologisches Informationssystem
UK	-	United Kingdom
US	-	United States
USA	-	United States of America
WBCT	-	whole-body-CT, englischsprachige Abkürzung für GK-CT

Zusammenfassung

Hintergrund:

In vielen deutschen Traumazentren ist eine routinemäßige Kontrollsonographie von potentiell Polytraumatisierten etabliert. Diese Kontrollsonographie wird auch Re-FAST genannt, da sie meist auf dem FAST-Protokoll basiert. Während eine europäische Traumaleitlinie den routinemäßigen Re-FAST ohne abdominelle Verletzung in der Ganzkörper-CT (GK-CT) derzeit nicht empfiehlt, bezeichnet die deutsche S3-Leitlinie dies als offene Forschungsfrage aufgrund unzureichender Datenlage. Die vorliegende Studie sollte feststellen, ob ein routinemäßiger Re-FAST bei Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT sinnvoll ist.

Methoden:

Patientinnen und Patienten, die im Zeitraum vom Juli 2017 bis Dezember 2019 am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin eine GK-CT erhielten, wurden retrospektiv identifiziert. Eingeschlossen wurden volljährige Patientinnen und Patienten mit relevantem Traumamechanismus, deren GK-CT keinen Hinweis auf abdominelle Verletzungen zeigte und bei denen ein Re-FAST im Intervall von 4 bis 12 Stunden nach GK-CT durchgeführt wurde. Es wurden demographische Daten, Traumamechanismus, ISS-Wert, sowie traumabezogene Bildgebungsbefunde erhoben. Zudem wurden innerklinischer Tod und Todesursache sowie zusätzliche Kontrollbildgebung des Abdomens und Operationen oder minimal-invasive Interventionen am Abdomen nach Re-FAST erfasst. Bei zusätzlicher Kontrollbildgebung wurde der Verlauf von Hämoglobin- und Lactatwerten erfasst.

Ergebnisse:

Von 2.671 initial identifizierten Patientinnen und Patienten wurden 1.024 eingeschlossen mit einem ISS von 17 (Median, 1. Quartile 10, 3. Quartile 26). Sechs Patienten (0,6%) hatten einen positiven Re-FAST-Befund des Abdomens. Keiner dieser Patienten verstarb oder erhielt eine verspätete Diagnose einer abdominellen Verletzung.

Die thorakalen Schnitte waren kein obligater Teil des Re-FAST und wurden daher nur bei einem Teil der Kohorte untersucht. In 4 von 357 Fällen wurde im Re-FAST ein Pleuraerguss festgestellt, in 5 von 890 ein Perikarderguss. Diese waren teilweise in der GK-CT vorbeschrieben, in keinem der Fälle hatte der Befund eine therapeutische Konsequenz.

Keiner der 1.024 eingeschlossenen Patientinnen und Patienten wurde einer Operation oder minimal-invasiven Intervention am Abdomen unterzogen. Vierzehn Patientinnen und Patienten (1,4%) verstarben aufgrund extraabdomineller Traumafolgen. Bei 39 Patientinnen und Patienten (3,8%) wurde eine zusätzliche abdominelle Kontrollbildgebung angefordert. Gründe hierfür waren positive oder unklare Re-FAST-Befunde, neu aufgetretene oder persistierende abdominelle Schmerzen und auffällige Laborparameter. In bis zu 17 Fällen könnten auffällige Laborparameter der Grund gewesen sein.

Schlussfolgerung:

Im Re-FAST wurden keine behandlungsbedürftigen abdominellen Verletzungen detektiert. Der routinemäßige Re-FAST bei Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT kann somit durch eine gezielte Strategie für klinisch indizierte Kontrollbildgebung des Abdomens ersetzt werden.

Abstract

Background:

During the observation of potentially severely injured patients, many German trauma centers routinely perform a follow-up sonography, also known as Re-FAST. A current European trauma guideline does not recommend a routine Re-FAST in patients without abdominal injuries on whole-body CT (WBCT). The German trauma guideline lists no recommendation as to routine Re-FAST in these patients due to insufficient data.

The study at hand was designed to show whether a Re-FAST should be routinely performed in patients without abdominal injuries on their WBCT.

Methods:

All patients who received a WBCT between July 2017 and December 2019 at the Virchow campus of Charité University hospital in Berlin were retrospectively screened. Adult patients were eligible for inclusion if they presented with a relevant mechanism of injury, had no abdominal injuries in their WBCT and received a Re-FAST within 4 to 12 hours after WBCT.

Data collection included demographic data, mechanism of injury, ISS, and trauma-related radiology reports. Also, in-hospital death and cause of death, additional imaging studies of the abdomen, and surgical or minimally invasive procedures after Re-FAST were recorded. In patients who underwent additional imaging of the abdomen, hemoglobin and lactate levels were recorded.

Results:

A total of 2,671 patients were screened, of which 1,024 patients were eligible for inclusion in our study. Median ISS for our cohort was 17 (first quartile 10, third quartile 26). The Re-FAST was positive in 6 patients (0.6 %), none of whom died or were diagnosed with an abdominal injury.

Four of 357 patients showed a pleural effusion and 5 of 890 patients a pericardial effusion on their Re-FAST. Some of these effusions were already noted on the initial WBCT. None of the pleural and pericardial findings led to a surgical or minimally-invasive procedure.

None of the 1,024 patients in the study cohort was subjected to a surgical or minimally-invasive procedure of the abdomen. Fourteen patients (1.4 %) died due to extraabdominal causes.

In 39 patients, further abdominal imaging studies were performed. Reasons for these studies included positive or inconclusive findings in Re-FAST studies, new onset of or persistent abdominal pain, and suspicious laboratory findings. In 17 of the 39 patients, hemoglobin or lactate levels were abnormal. However, only in 5 of these cases abnormal laboratory findings were explicitly recorded as reason for additional abdominal imaging studies.

Conclusion:

Re-FAST studies revealed no abdominal injuries which required surgical or minimally-invasive interventions. Routine Re-FAST in patients without abdominal injuries on whole-body CT (WBCT) can be safely omitted. Instead, follow-up abdominal imaging studies can be performed in patients with clinical or laboratory suspicion of abdominal injury.

1 Einleitung

1.1 Polytrauma und Schwerverletzte

In den letzten Jahrzehnten wurden verschiedene Definitionen des Polytraumas formuliert mit dem Ziel, die Gruppe von Traumapatientinnen und -patienten mit hoher Mortalität und Morbidität zu beschreiben (1). Eine der neuesten Definitionen, die „Berlin-Definition“, spricht von einem Polytrauma bei zwei oder mehr AIS-Regionen (Abbreviated Injury Scale) mit einem AIS-Wert von ≥ 3 in Kombination mit mindestens einem von fünf definierten Parametern (Hypotension, Vigilanzminderung, Azidose, Koagulopathie und hohes Alter) (2).

Eine andere, einfachere und in Studien häufig verwendete Definition für Schwerverletzte fordert einen ISS-Wert von ≥ 16 (Injury Severity Score, kalkuliert auf Basis der AIS-Werte). Jedoch sind nicht alle Patientinnen und Patienten mit einem ISS ≥ 16 lebensgefährlich verletzt oder polytraumatisiert. Daher ist diese Definition zur Identifizierung von Patientinnen und Patienten mit hoher Lebensgefahr weniger geeignet. Ein Vorteil der letztgenannten Definition ist jedoch, dass auch Patientinnen und Patienten berücksichtigt werden, die nur ein schweres, lebensgefährliches Monotrauma aufweisen, oder aber mehrere schwere Verletzungen derselben Körperregion, deren Verletzungskonstellation den Kriterien der Berlin-Definition nicht genügen (1). Die Schwierigkeiten, die Gruppe schwerverletzter oder polytraumatisierter Patientinnen und Patienten zu definieren resultiert in einer uneinheitlichen Nutzung der Begrifflichkeit in der Literatur.

In Deutschland werden älteren Hochrechnungen zufolge jährlich etwa 32.000 bis 38.000 Schwerverletzte (ISS ≥ 16) in Kliniken behandelt (3, 4, 5), die Zahl von Patientinnen und Patienten mit einem ISS < 16 , die jedoch initial in einem Schockraum behandelt werden, dürfte in einer ähnlichen Größenordnung liegen (6).

Die Morbidität und Mortalität polytraumatisierter Patientinnen und Patienten sind beträchtlich. So berichtet der Jahresreport des TraumaRegisters DGU® (DGU steht für Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.) für das Jahr 2021 von 28.580 klinisch behandelten Schwerverletzten (maximaler AIS ≥ 3 oder =2 mit Intensivaufenthalt) mit einer innerklinischen Mortalität von 12,5%. Von den überlebenden Patientinnen und Patienten

waren 11,2% bei Verlegung oder Entlassung schwer behindert oder in einem vegetativen Zustand. In diesem Patientenkollektiv sind präklinisch verstorbene Patientinnen und Patienten nicht enthalten. Auch nehmen nicht alle deutschen Kliniken am Register teil, dafür jedoch einige wenige Kliniken aus Nachbarländern (7).

1.2 Schockraumbehandlung von potenziell polytraumatisierten Patientinnen und Patienten

Ziel der Versorgung potenziell polytraumatisierter Patientinnen und Patienten ist die Reduktion von Morbidität und Mortalität. Hierfür wurde die Schockraumversorgung durch ein interdisziplinäres Behandlungsteam etabliert, um eine schnelle und zielgerichtete Identifikation und Anbehandlung vital bedrohlicher Zustände und Verletzungen zu ermöglichen. Dieses koordinierte Vorgehen wird beispielsweise im international weit verbreiteten Advanced Trauma Life Support (ATLS) ®-Konzept zusammengefasst und trainiert (8).

Die Schockraumversorgung bedingt eine Vorhaltung benötigter Räumlichkeiten, Gerätschaften und insbesondere personeller Ressourcen. Wie aus den vorgenannten Definitionen des Polytraumas bzw. der Schwerverletzten hervorgeht, ist eine sichere Zuordnung von Traumapatientinnen und -patienten zur Gruppe der Schwerverletzten oder Polytraumatisierten präklinisch meist nicht möglich, weshalb Schockraumaktivierungskriterien definiert werden müssen.

Um eine unnötige Belastung der beteiligten Kliniken und Kostenträger und eine Übertriage zu vermeiden, werden die Kriterien für eine Schockraumalarmierung regelmäßig überarbeitet (9, 10).

Die Schockraumversorgung und anschließende Versorgung werden in verschiedene Abschnitte eingeteilt:

Zunächst erfolgt der Primary Survey im Schockraum mit dem Fokus auf Erfassung der Vitalfunktionen, unmittelbar lebensbedrohlicher Verletzungen und Stabilisierung der Patientin oder des Patienten anhand des cABCDE-Schemas (11, 12). Hierbei kommt routinemäßig die Sonographie mittels eFAST-Protokoll zum Einsatz sowie ggf. ein Röntgen-Thorax (8, 13, 14, 15). Sollte die Patientin oder der Patient nicht zu stabilisieren sein, kann unmittelbar eine Notfalloperation eingeleitet werden (14, 15).

Im Anschluss wird im Secondary Survey versucht, möglichst alle Verletzungen festzustellen und genauer einzuschätzen. Bei entsprechender Indikationsstellung wird hier eine Ganzkörper-Computertomographie (GK-CT) nach speziellem Polytraumaprotokoll durchgeführt. Diese ermöglicht eine schnelle und gründliche Übersicht der Verletzungen und für kann die Graduierung und Therapieplanung einzelner Verletzungen wichtig sein (14, 15).

Hiernach erfolgt eine ggf. benötigte operative Versorgung der Verletzungen. Gemäß dem Konzept der damage control surgery wird bei instabilen Patientinnen bzw. Patienten oder Kombination vieler Verletzungen eine mehrzeitige Versorgung gewählt, um in den Intervallen zwischen Operationssitzungen eine intensivmedizinische Stabilisierung zu ermöglichen (14, 15).

Nach initialer operativer Versorgung schließt sich die stationäre Überwachung und Therapie an. Hierzu gehört der Tertiary Survey, welcher üblicherweise innerhalb der ersten 24 Stunden nach Aufnahme durchgeführt wird.

Im Tertiary Survey wird die Patientin oder der Patient klinisch auf initial übersehene oder geringfügigere Verletzungen untersucht (16, 17, 18).

1.2.1 Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma – eFAST

Im Rahmen des Primary Survey im Schockraum wird die standardisierte sonographische Untersuchung mittels des eFAST-Protokolls durchgeführt. Hierbei sollen unmittelbar behandlungsbedürftige Zustände - ein Pneumo- oder Hämatothorax, ein Hämatooperikard sowie größere intraperitoneale Blutungen – identifiziert werden (10, 19, 20, 21). Patientinnen und Patienten, die im Schockraum nicht zu stabilisieren sind, werden auf Grundlage pathologischer eFAST-Befunde ggf. unmittelbar einer Laparotomie oder Thorakotomie zugeführt, ohne die Notoperation durch eine GK-CT zu verzögern (21). Der eFAST ist in der S3-Leitlinie als fester Bestandteil im Primary Survey empfohlen (10) und wurde bei 80,6 % aller Patientinnen und Patienten der letzten 10 Jahre im TraumaRegister DGU® im Rahmen des Primary Survey durchgeführt (siehe auch Tabelle 1) (7).

Tabelle 1. Bildgebende Diagnostik während des und unmittelbar nach dem Primary Survey im TraumaRegister DGU ®

	2002	2006	2011	2021
FAST / e-FAST	k.A.	84,0 % (n/N 3.178/3.782)	85,2 % (n/N 16.741/21.304)	79,5 % (n/N 20.864/26.234)
Röntgen-Thorax	k.A.	68,1 % (n/N 2.575/3.782)	43,5 % (n/N 9.265/21.304)	19,0 % (n/N 4.975/26.234)
GK-CT	8,4 % (n/N 204/2.441)	44,9 % (n/N 1.697/3.782)	69,5 % (n/N 14.801/21.304)	73,7 % (n/N 19.333/26.234)

Obere Zeile: Unfalljahr, aus dem die Daten stammen; linke Spalte: Bildgebungsmodalität. Angaben in % sowie Anzahl der untersuchten Patientinnen und Patienten (n) / Anzahl der erhobenen Patientinnen und Patienten (N). Definition für GK-CT siehe Unterkapitel 1.2.3.

Daten entnommen aus den Jahresberichten des TraumaRegister DGU ® für die Unfalljahre 2002 (22), 2006 (23), 2011 (24) und 2021 (7). Am TraumaRegister nahmen laut dieser Jahresberichte 2021 bereits 700 Kliniken teil, davon 621 aus Deutschland; 2011 waren es 509 und 2006 125 Kliniken. Auch hat sich das Basiskollektiv, das in die Auswertung mit einbezogen wird, seit 2015 verändert. Somit ist nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit der obigen Daten gegeben, Tendenzen können jedoch trotzdem abgeleitet werden. Der Übersicht halber wurden Daten zu fokussierten CT-Untersuchungen nicht in die Tabelle aufgenommen.

Tabelle: Rafael Francesco Dolabella Portella

Vor der Verbreitung des FAST-Protokolls war der Einsatz der diagnostischen Peritoneallavage (DPL) zur schnellen Feststellung eines Hämoperitoneums üblich (25, 26, 27). Hierbei wurde die Peritonealhöhle periumbilikal punktiert, eine gewisse Menge isotoni-scher Kochsalzlösung injiziert, wieder aspiriert und auf blutige Färbung des oder Blutzellen im Aspirat untersucht (28). Nachteilig an der DPL ist neben der Invasivität auch die fehlende Möglichkeit zur seriellen Anwendung und die Verfälschung nachfolgender FAST-Untersuchungen durch intraperitoneale Flüssigkeitsrückstände (26, 29, 30). Heutzutage ist die invasive Methode der DPL aus dem klinischen Alltag verschwunden und wird in der aktuellen S3-Leitlinie nur noch in sehr seltenen Fällen „theoretisch“ empfohlen (10, 20).

In der Absicht, fokussierte Ultraschalluntersuchungen durch Chirurgen und Chirurgen bei Traumapatientinnen und -patienten sowie hierfür benötigte Trainingscurricula in den USA zu etablieren (26, 31, 32), wurde das FAST-Protokoll (damals „Focused Abdominal

Sonogram for Trauma“) beschrieben. Das Protokoll sollte eine schnelle und standardisierte Untersuchung auf freie Flüssigkeit ermöglichen.

Nachfolgend wurde das FAST-Protokoll (nun als Focused Assessment with Sonography for Trauma) in einer internationalen Konsensus-Konferenz besprochen und vereinheitlicht (33). Es wurden 4 zu untersuchende Regionen definiert, die in frei zu wählender Reihenfolge untersucht werden sollten: perikardial, perihepatisch, perisplenisch und pelvin.

Das FAST-Protokoll wurde Anfang der 2000er-Jahre zum eFAST (extended FAST) erweitert, um neben der Suche nach freier Flüssigkeit in den Körperhöhlen auch Hämothoraces („FAST plus two“) (34, 35, 36) und Pneumothoraces festzustellen (37, 38, 39).

Nachfolgend wird das gesamte eFAST-Protokoll beschrieben, wie es laut aktueller Literatur und der Leitlinie des American College of Emergency Physicians (ACEP) praktiziert wird (20, 40). In der aktuellen deutschen S3-Leitlinie zur Polytraumaversorgung sind für den eFAST nicht alle der nachfolgend genannten Areale der Peritonealhöhle aufgelistet, sondern auf Basis einer älteren Publikation lediglich der Morison-Raum, Koller-Raum und Douglas-Raum (10, 41).

Im eFAST-Protokoll werden in Rückenlage folgende Regionen bzw. Schnittebenen des Körperstammes untersucht, wobei in jeder Einstellung nach ventral und dorsal bzw. rechts und links durchmustert werden sollte (42):

Medioklavikuläre Schnitte Thorax

Zum Ausschluss eines Pneumothorax wird die Pleura beider Hemithoraces in jeweils einem sagittalen Schnitt medioklavikulär dargestellt (40, 42, 43).

Hierbei wird auf das Lungengleiten, den Lungenpuls und B-Lines geachtet – bei Nachweis eines der Zeichen gilt ein Pneumothorax an dieser Stelle als ausgeschlossen (42, 43, 44).

Rechter und linker oberer Quadrant – Pleurahöhlen

In der rechten und linken Flanke wird auf Höhe des Zwerchfells nach einem Hämatothorax in Form von freier Flüssigkeit kranial des Zwerchfells gesucht (40, 42, 43, 45).

Subxyphoidaler Vierkammerblick

Zum Ausschluss eines Perikardergusses wird der Schallkopf subxyphoidal flach, fast schon in der Frontalebene aufgesetzt und der Perikardbeutel samt dem Herzen dargestellt (40, 42, 43, 45).

Rechter oberer Quadrant – Peritonealhöhle

Zwischen Zwerchfell und Leber, sowie weiter kaudal im Morison-Raum (Recessus hepatorenalis), am kaudalen Leberrand und um den kaudalen Nierenpol in der parakolischen Rinne wird nach freier intraabdomineller Flüssigkeit gesucht (vergleiche Abb. 1) (20, 40, 42, 43, 45, 46, 47).

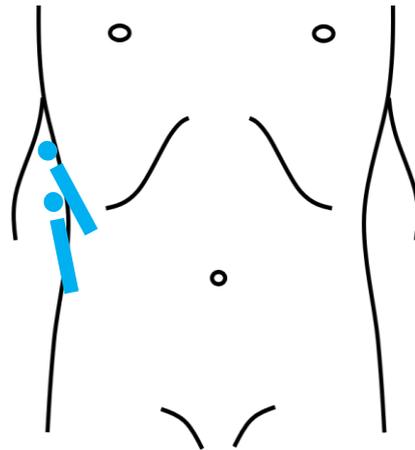


Abb. 1 a

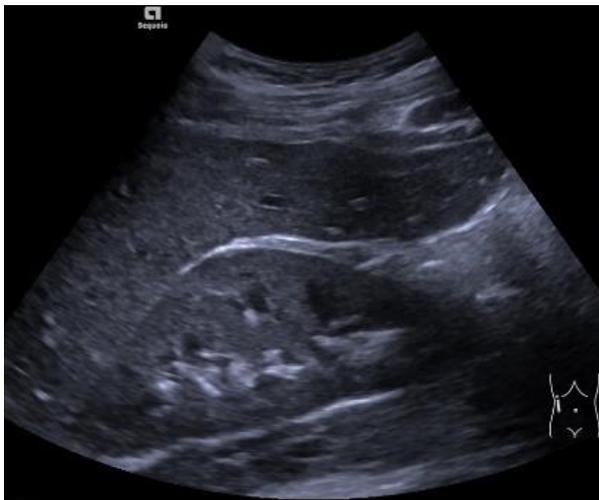


Abb. 1 b



Abb. 1 c

Abb. 1. eFAST-Positionen des rechten oberen Quadranten der Peritonealhöhle.

Abb. 1 a: Schallkopfpositionen. Abb. 1 b: Rechter oberer Quadrant mit Morison-Raum und kaudalem Leberrand. Abb. 1 c: Rechter oberer Quadrant weiter kaudal als (b) mit parakolischer Rinne, benachbart zu kaudalem Pol der rechten Niere und Colon ascendens gelegen.

Quelle Zeichnung (a): modifiziert nach Ilona Gottschalk, mit freundlicher Genehmigung. Quelle Standbilder (b-c): Rafael Francesco Dolabella Portella.

Linker oberer Quadrant – Peritonealhöhle

Hier wird um die gesamte Milz herum (perisplenisch), im Koller-Raum (Recessus spleno-renal) und am kaudalen Nierenpol in der parakolischen Rinne nach freier intraabdomineller Flüssigkeit gesucht (vergleiche Abb. 2) (20, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48).

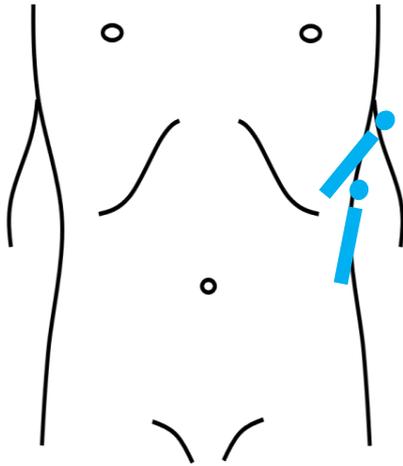


Abb. 2 a



Abb. 2 b

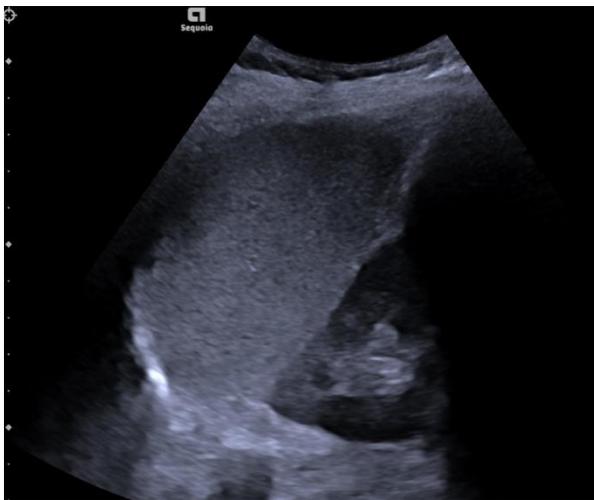


Abb. 2 c



Abb. 2 d

Abb. 2. eFAST-Positionen des linken oberen Quadranten der Peritonealhöhle.

Abb. 2 a: Schallkopfpositionen. Abb. 2 b: Linker oberer Quadrant mit perisplenischem Raum, Milz mit Hilusebene. Abb. 2 c: Linker oberer Quadrant weiter dorsal als (b) mit Koller-Raum. Abb. 2 d: Linker oberer Quadrant weiter kaudal als (b) und (c) mit parakolischer Rinne, benachbart zu kaudalem Pol der linken Niere und Colon descendens gelegen.

Quelle Zeichnung (a): modifiziert nach Ilona Gottschalk, mit freundlicher Genehmigung. Quelle Standbilder (b-d): Rafael Francesco Dolabella Portella.

Becken

Im Becken wird, optimalerweise bei gefüllter Blase, im Douglas-Raum (Excavatio rectouterina) bzw. Proust-Raum (Excavatio rectovesicalis), sowie um die kranial davon gelegenen Darmschlingen herum nach freier Flüssigkeit gesucht. Dies geschieht hier in zwei Ebenen (s. Abb. 3) (40, 42, 43, 45, 49).

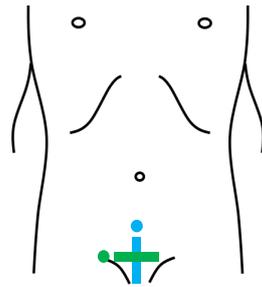


Abb. 3 a

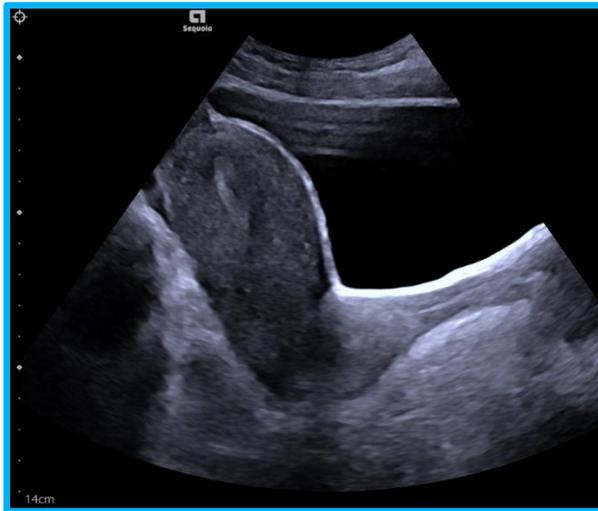


Abb. 3 b



Abb. 3 c

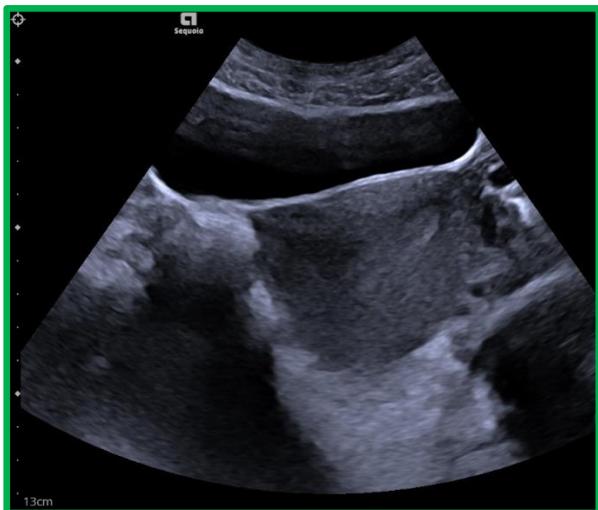


Abb. 3 d

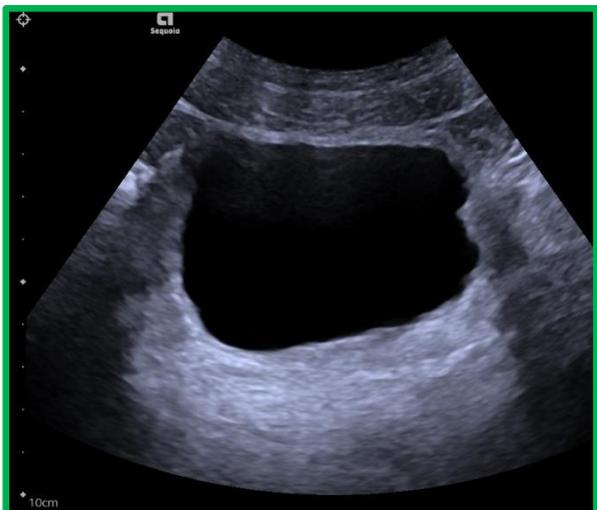


Abb. 3 e

Abb. 3. eFAST-Positionen für die pelvine Region der Peritonealhöhle.

Abb. 3 a: Schallkopfpositionen. Abb. 3 b: Sagittalschnitt des weiblichen Beckens mit Blase, Vagina, Uterus und Douglas-Raum. Abb. 3 c: Sagittalschnitt des männlichen Beckens mit Blase, Prostata, Samenbläschen (Glandulae vesiculosae) und Proust-Raum. Abb. 3 d: Transversalschnitt des weiblichen Beckens mit Blase, Uterus und Douglas-Raum. Der Uterus ist hier leicht nach links verlagert. Abb. 3 e: Transversalschnitt des männlichen Beckens mit Blase und Proust-Raum.

Quelle Zeichnung (a): modifiziert nach Ilona Gottschalk, mit freundlicher Genehmigung. Quelle Standbilder (b-e): Rafael Francesco Dolabella Portella.

Zur diagnostischen Güte des eFAST werden in der Literatur verschiedene Werte genannt – meist liegt die Sensitivität zwischen 33,3% und 85% sowie Spezifität zwischen 96% und 99% für freie Flüssigkeit im Abdomen (50, 51, 52).

Eine Metaanalyse aus dem Jahre 2018 fand eine gepoolte Sensitivität der (e)FAST-Untersuchung von 68% (Konfidenzintervall 59% - 75%) und Spezifität von 95% (Konfidenzintervall 92% - 97%) für abdominelle Verletzungen (wohlgemerkt nicht freie Flüssigkeit). Für thorakale Verletzungen fand sich eine deutlich höhere Sensitivität von 96% (Konfidenzintervall 88% - 99%), mit einer Spezifität von 99% (Konfidenzintervall 97% - 100%) (53).

Bei Anwendung des eFAST-Protokolls sind einige Fallstricke zu beachten, die zu einer falschen Interpretation des Befundes führen können. Hierzu gehören im abdominellen Teil unter anderem:

- Unzureichende Kenntnisse der Peritonealverhältnisse bzw. fehlerhafte Anwendung können dazu führen, dass Untersucherinnen bzw. Untersucher nicht die richtige Region zur Suche nach freier Flüssigkeit durchmustern. Typisch ist dies in den pelvinen Transversalschnitten, wenn die subperitonealen Anteile des Beckens durchmustert werden, nicht jedoch die intraperitonealen (vergleiche Abb. 4) (43, 54, 55).
- Sehr echoarme bis echoleere Strukturen können als freie Flüssigkeit fehlgedeutet werden, so z.B. Samenbläschen (Glandulae vesiculosae) (vergleiche Abb. 4 d), Gefäße oder Ovarialzysten (vergleiche Abb. 6 b) (56). Insbesondere ein mit viel Flüssigkeit gefüllter Magen kann als große Kollektion freier Flüssigkeit bzw. als großes Hämatom fehlgedeutet werden (s. Abb. 5) (40).
- Minimale Ansammlungen freier Flüssigkeit sind i.d.R. als physiologische seröse Flüssigkeit zu werten, wenn sie in loco typico vorkommen: im Douglas-Raum bei Frauen im gebärfähigen Alter (Abb. 6 a-d) (40, 49, 56, 57, 58) und im Perikardbeutel (Abb. 7) (40).

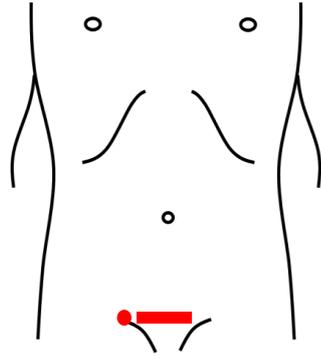


Abb. 4 a

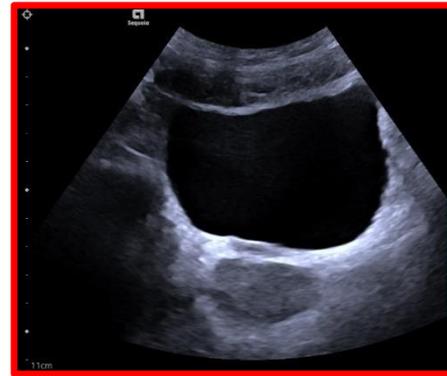


Abb. 4 b

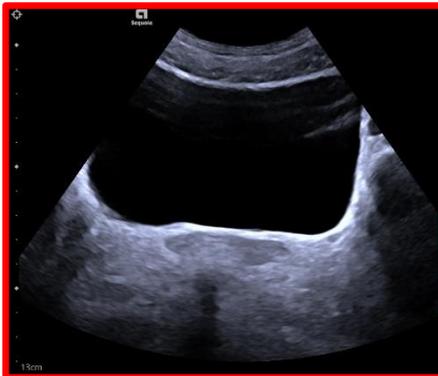


Abb. 4 c

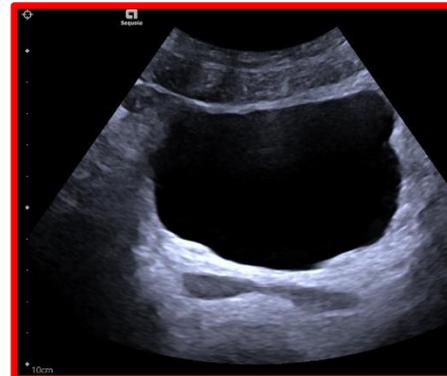


Abb. 4 d

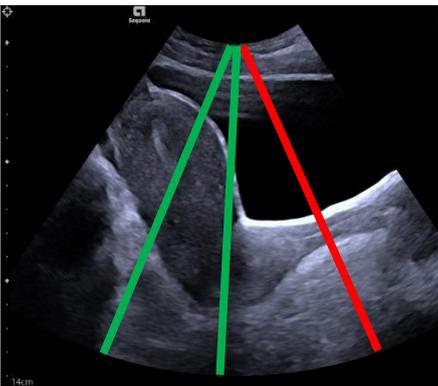


Abb. 4 e

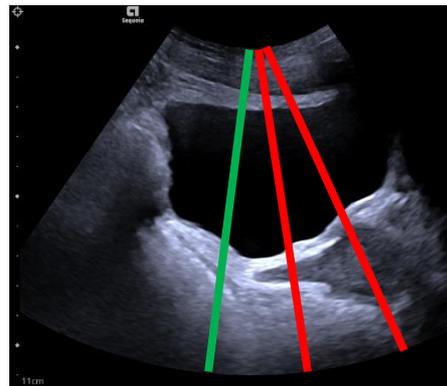


Abb. 4 f

Abb. 4. Fehlerquellen für eFAST-Positionen der pelvinen Region.

Abb. 4 a: Schallkopfpositionen. Abb. 4 b: Transversalschnitt des männlichen Beckens mit Blase und Prostata im Subperitonealraum, hier sollte keine freie intraperitoneale Flüssigkeit gesucht werden. Abb. 4 c: Transversalschnitt des weiblichen Beckens mit Blase und Vagina. Die Vagina liegt subperitoneal, daher kann hier keine intraperitoneale freie Flüssigkeit dargestellt werden. Für eine korrekte eFAST-Untersuchung muss weiter kranial der Douglas-Raum (Excavatio rectouterina) und die umgebende Region dargestellt werden. Abb. 4 d: Transversalschnitt des männlichen Beckens mit Blase und beiden Samenbläschen (Glandulae vesiculosae), auch hier subperitoneal. Abb. 4 e: Sagittalschnitt des weiblichen Beckens. Zur Illustration in rot die „falsche“ transversale Schnittebene aus (c), sowie in grün korrekte Schnittebenen (zu sehen in Abb. 3 d). Abb. 4 f: Sagittalschnitt des männlichen Beckens zur Illustration der „falschen“ transversalen Schnittebenen (rot – b und d), sowie der korrekten transversalen Schnittebene mit Proust-Raum (Excavatio rectovesicalis) (zu sehen in Abb. 3 e).

Quelle Zeichnung (a): modifiziert nach Ilona Gottschalk, mit freundlicher Genehmigung. Quelle Standbilder (b-f): Rafael Francesco Dolabella Portella.

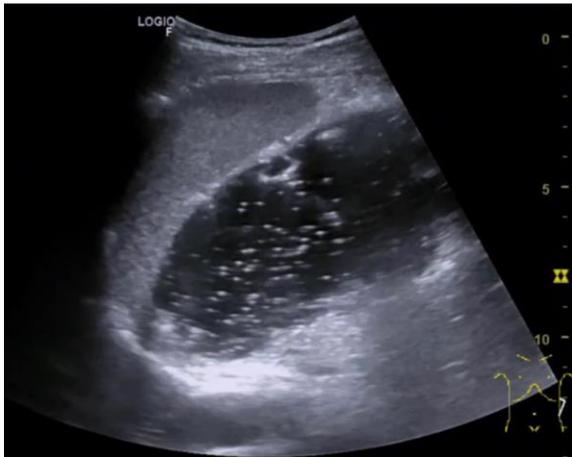


Abb. 5. Flüssigkeitsgefüllter Magen medial der Milz. Magen eines gesunden Probanden nach oraler Aufnahme von 600ml klarer Flüssigkeit.

Quelle: Gregor Barth, Rafael Francesco Dolabella Portella, mit freundlicher Genehmigung.



Abb. 6 a



Abb. 6 b

Abb. 6. Beispiele für kleine Mengen physiologischer freier Flüssigkeit im Becken junger Frauen. Abb. 6 a: Sagittalschnitt von Blase, Vagina und Uterus mit geringer Menge freier Flüssigkeit im Douglas-Raum. Abb. 6 b: Sagittalschnitt des weiblichen Beckens bei gering gefüllter Harnblase. Cranial des Korpus uteri ist eine kleine Menge freier Flüssigkeit (typische spitze Ausläufer zwischen Darmschlingen, Uterus und Ovar – s. Pfeil mit Beschriftung „fF“) abgrenzbar. Außerdem ist eine kleine Zyste eines Ovars (siehe Messmarker in c) dargestellt.

Quelle (a-b): Rafael Francesco Dolabella Portella.



Abb. 7 a

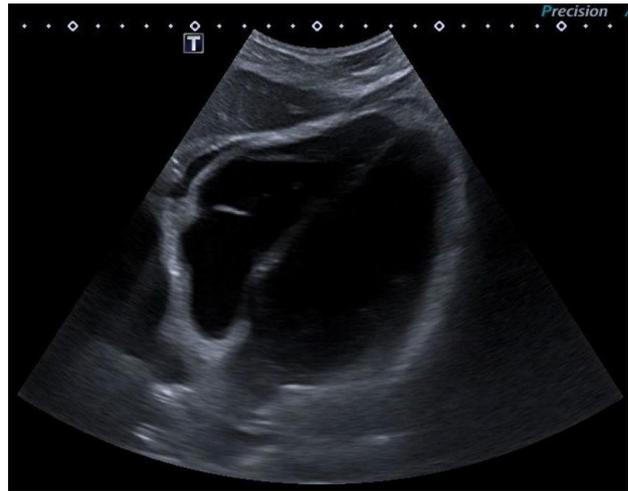


Abb. 7 b

Abb. 7. Beispiel für physiologisch kleine Menge seröser Flüssigkeit im Perikardbeutel eines jungen Mannes.

Abb. 7 a: Subxyphoidaler Vierkammer-Blick in Systole, hier ist ein schmaler echoleerer Saum im anterobasalen Perikardbeutel sichtbar. Abb. 7 b: Subxyphoidaler Vierkammer-Blick in Diastole, der echoleere Saum ist fast verschwunden, nur auf Höhe der Mitralklappe ist noch eine kleine Flüssigkeitskolektion abgrenzbar.

Quelle (a-b): Rafael Francesco Dolabella Portella.

- Freie Flüssigkeit anderer Genese wie Aszites, Pleuraerguss (40, 43, 45, 56, 57), Flüssigkeit einer rupturierten Ovarialzyste, Urin bei Blasenruptur oder Dialysat einer Peritonealdialyse (43, 57) kann im eFAST nicht sicher von einem Hämato-peritoneum unterschieden werden (s. auch Abb. 8).
- Die Echogenität von Blut in einer Körperhöhle muss nicht echoleer sein. Durch Gerinnungsprozesse können sich Fibrinfäden und Koagel bilden. Diese können echoinhomogen bis echoreich aussehen und je nach Lokalisation und Ausbreitung z.B. mit einem Spiegelartefakt oder perirenalem / epikardialem Fett verwechselt werden (40, 43, 56, 57).

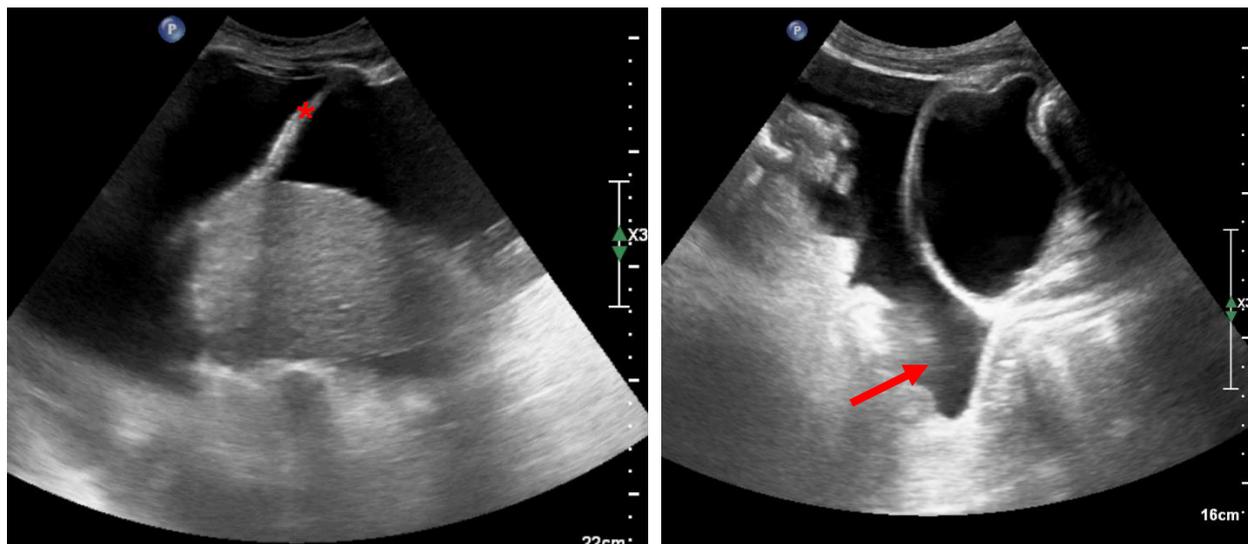


Abb. 8 a

Abb. 8 b

Abb. 8. Patient mit freier Flüssigkeit bei hydroptisch dekompensierter Leberzirrhose.

Abb. 8 a: Großer, rechtsseitiger Pleuraerguss kranial des Diaphragmas (*). Außerdem Aszites im rechten oberen Quadranten kaudal des Diaphragmas (*) und eine zirrhosisch umgebaute Leber mit Organschrumpfung, Gefäßrarefizierung und unregelmäßigem Reflex der Leberkapsel. Abb. 8 b: Aszites im Proust-Raum (→) und kranial der Harnblase.

Quelle: Rafael Francesco Dolabella Portella.

1.2.2 Konventionelle Röntgendiagnostik

Eine Röntgen-Thoraxaufnahme im Liegen war bis in die 2000er-Jahre hinein eine Standarduntersuchung im Schockraum (59), jedoch ist die Sensitivität dieser Untersuchung für Pneumothoraces und Hämatothoraces vergleichsweise gering (36, 60, 61). Durch zunehmenden und routinemäßigen Einsatz sensitiverer Diagnostik - des eFAST Protokolls im Primary Survey und insbesondere der GK-CT - ist diese in den Hintergrund gerückt (8, 53, 60, 62, 63). Im Jahre 2021 erhielten nur noch 19,0 % der Kohorte des TraumaRegisters DGU® einen Röntgen-Thorax im Schockraum, während es im Jahre 2011 noch 43,5% der Patienten waren, vergleiche auch Tabelle 1 (7, 24). Sie wird in der S3-Leitlinie nur noch empfohlen, wenn keine unmittelbare CT-Diagnostik durchgeführt wird und Unklarheit über eine thorakale Verletzung besteht (10).

Röntgenaufnahmen von Becken und Halswirbelsäule waren früher bei entsprechendem Verdacht ebenfalls eine Standarduntersuchung (8, 59), werden aber vor dem Hintergrund

der GK-CT seltener eingesetzt. In der S3-Leitlinie findet die Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule keine Erwähnung mehr und die Beckenaufnahme ist nur empfohlen, wenn eine CT nicht durchgeführt wird (10).

1.2.3 Ganzkörper-Computertomographie (GK-CT)

Anfang der 1990er Jahre wurde die CT bereits als Alternative zur DPL im Rahmen des Primary Surveys ins Spiel gebracht. Aufgrund technischer Limitationen wurde die CT jedoch als zu zeitaufwändig für instabile Patientinnen und Patienten beschrieben, da teilweise 30 Minuten für eine Untersuchung notwendig waren. Hier war die Sonographie bzw. der FAST klar im Vorteil, der nur wenige Minuten andauerte und eine simultane Behandlung der Patientin bzw. des Patienten ermöglichte (26, 29, 30).

Daher limitierte sich die Anwendung der CT auf fokussierte Organuntersuchungen nach dem Secondary Survey, falls nicht vorher bereits die Entscheidung zur OP der betroffenen Körperhöhle gefallen war (29, 64).

Anfang der 2000er-Jahre nahm der Einsatz der CT für Körperhöhlen bei Polytraumatisierten deutlich zu. Einerseits wurden CT-Untersuchungen durch den weitverbreiteten Einsatz der Mehrschicht-Spiral-CT (MSCT, im Englischen Multislice-Spiral-CT) – 2004 waren bereits Geräte mit 64 Detektorzeilen erhältlich - allgemein schneller. Andererseits wurden Protokolle zur effizienteren Untersuchung Schwerverletzter mittels CT entwickelt und der Begriff der Ganzkörper-CT (GK-CT, im Englischen whole-body-CT oder WBCT) für die Untersuchung geprägt (13, 65, 66). Multiplanare und dreidimensionale Rekonstruktionen ermöglichten bei Bedarf eine bessere Einschätzung bestimmter Verletzungen, beispielsweise von Wirbelkörperfrakturen (13).

In den darauffolgenden Jahren führten technische Fortschritte in der CT-Diagnostik und in den GK-CT-Protokollen zu einer besseren Darstellung von Gefäßen und Organen bei gleichzeitiger Reduktion der Strahlenexposition. Die Einführung mehrphasiger Kontrastmittelinjektionsprotokolle ermöglichte eine gute Kontrastierung der thorakoabdominellen Gefäße und parenchymatösen Organe, ohne den Körperstamm in mehreren Durchgängen scannen zu müssen (single pass WBCT) (67, 68). Durch die Anwendung von Automated Exposure Control (AEC) und Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR)

bei gleichzeitiger Reduktion der Röhrenspannung in GK-CT-Protokollen konnte außerdem eine deutliche Reduktion der Strahlendosis für GK-CTs erreicht werden (69).

Die GK-CT wird als Goldstandard der Polytraumadiagnostik angesehen, da sie im Vergleich zum eFAST und konventionellen Röntgenaufnahmen die höchste diagnostische Sicherheit für Verletzungen des Körperstammes und Kopfes aufweist (10, 20, 63, 70, 71). Entsprechend hat der Einsatz der GK-CT insbesondere Anfang bis Mitte der 2000er Jahre deutlich zugenommen, sie wird mittlerweile bei ca. 75% der Patientinnen und Patienten in der Kohorte des TraumaRegister DGU® während oder nach der Schockraumbehandlung durchgeführt (siehe auch Tabelle 1) (7, 22, 23, 24, 72).

In mehreren Meta-Analysen wurde eine Reduktion der Mortalität durch den Einsatz der GK-CT festgestellt. Das Evidenzniveau für diese Feststellung ist jedoch niedrig, da ausschließlich retrospektive Studien mit großen Unterschieden zwischen den Interventions- und Kontrollgruppen einen Mortalitätsvorteil feststellten (73, 74, 75). Es wurde bisher nur eine einzige randomisierte kontrollierte Studie publiziert. Diese konnte keinen signifikanten Mortalitätsvorteil durch den Einsatz der GK-CT nachweisen (76).

Unklarheit besteht weiterhin bezüglich klarer Kriterien zur Indikationsstellung der GK-CT, da bisher keine Patientengruppe definiert wurde, die klar von der GK-CT profitiert (10, 20, 71, 76).

1.3 Klinische Überwachung und Tertiary Survey

Um auszuschließen, dass im Primary und Secondary Survey relevante Verletzungen übersehen wurden, wird im weiteren stationären Verlauf beobachtet, ob sich Hinweise auf verspätet diagnostizierte Verletzungen (im Englischen "delayed diagnosed injuries" bzw. „missed injuries“) ergeben. Hierfür ist ein Tertiary Survey vorgesehen, bei dem innerhalb von üblicherweise 24 Stunden alle bisherigen Röntgen- und CT-Aufnahmen erneut ausführlich gesichtet werden - zum Beispiel im Rahmen einer radiologischen Bildemonstration oder Abteilungsbesprechung. Außerdem wird die Patientin bzw. der Patient erneut klinisch untersucht. Teilweise wird ein Checklisten-basierter Tertiary Survey empfohlen (17, 70, 77).

Je nach Klinik werden außerdem Hämoglobin und ggf. Lactat als Verlaufsparemeter bestimmt (18, 78, 79, 80). In einigen deutschen Kliniken, wie auch dem Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin, wird außerdem standardmäßig eine Kontrollsonographie durchgeführt, bei der nach übersehenen abdominellen Verletzungen gefahndet wird (81, 82, 83, 84). Für diese Kontrollsonographie ist im deutschsprachigen Raum der Begriff Re-FAST in Anlehnung an das FAST-Protokoll gebräuchlich (10).

1.3.1 Verspätet diagnostizierte Verletzungen

Die Studienlage zu modernen GK-CT-Protokollen attestiert der Modalität eine hohe Sensitivität für abdominelle Verletzungen bei Schwerverletzten. Die GK-CT weist eine Sensitivität von 85,7% bis 95,3% für abdominelle Verletzungen auf (63, 71).

Lawson et al geben die Inzidenz von verspätet diagnostizierten thorakoabdominellen Verletzungen nach Abschluss des Secondary Surveys mit 0,82% an (70). Die verspätet diagnostizierten Verletzungen wurden in der Studie während der weiteren stationären Beobachtung oder Nachbefundung der radiologischen Untersuchungen festgestellt. Übersehene Wirbelkörperfrakturen der Lendenwirbelsäule wurden hierbei als abdominelle Verletzungen gezählt, tatsächliche intraperitoneale Verletzungen waren also seltener. Zu den typischen verspäteten diagnostizierten Verletzungen der Peritonealhöhle zählten Hohlorganperforationen sowie Milz- und Leberlazerationen, wobei die Diagnose meist an Tag 2 oder später während des Krankenhausaufenthaltes gestellt wurde (70).

In der Diagnostik von Hohlorganperforationen kann die Sonographie durchaus Hinweise auf eine Perforation liefern, ist jedoch der CT-Diagnostik deutlich unterlegen. Sonographisch kann freie Flüssigkeit bzw. freier Darminhalt dargestellt werden. Auch ein Pneumoperitoneum ist teilweise sonographisch nachweisbar, die Abgrenzung zu gashaltigen Darmschlingen ist im Einzelfall jedoch schwierig. Lokale Veränderungen der Darmwand und des umgebenden Gewebes können sonographisch nur in Einzelfällen dargestellt werden. Die kontrastmittelverstärkte CT-Bildgebung ist verlässlicher als die Sonographie beim Nachweis der oben genannten indirekten Perforationszeichen und kann häufig auch Hinweise auf die Lokalisation der Perforation liefern (85, 86, 87).

Verzögerte Milzrupturen bei vorbekannter Milzverletzung und konservativem Management kamen in der Studie von Su et al zwischen 8 Stunden und 28 Tagen nach Aufnahme der Patientinnen und Patienten vor (88). Es ist also zu vermuten, dass sich verzögerte Milzrupturen ohne initial erkennbare Verletzung in der GK-CT ebenfalls nach variablen Zeitintervallen manifestieren – solche Fälle sind bislang nur auf Basis vereinzelter Case Reports (Auftreten am 2., 5., 8. und 13. Tag nach Aufnahme) beschrieben (89, 90, 91) und dürften somit eine Rarität sein.

In einer aktuellen deutschen Studie von Suda et al wurden verspätet diagnostizierte Verletzungen nach einem kompletten Trauma-Workup gemäß ATLS (in 87% der Fälle inklusive GK-CT) samt eines Tertiary Surveys mit Re-FAST untersucht. Sieben von 2.694 Patientinnen und Patienten (0,26%) hatten operationsbedürftige übersehene Verletzungen, welche im Tertiary Survey auch durch den Re-FAST nicht detektiert wurden. Bei sechs der verspätet diagnostizierten Verletzungen handelte es sich um abdominelle Hohlorganperforationen (92). Die Studie zeigt, dass Hohlorganperforationen im Re-FAST übersehen werden können.

1.3.2 Routinemäßige Kontrollsonographie (Re-FAST)

Im Jahre 1999 wurde in der Consensus-Konferenz zum FAST-Protokoll auch über wiederholte FAST-Untersuchungen gesprochen. Die Mehrheit der Konferenzteilnehmer sprach sich bei hämodynamischer Stabilität und negativem Schockraum-FAST für eine klinische Beobachtung und eine erneute FAST-Sonographie nach sechs Stunden aus, wohlgernekt ohne zwischenzeitliche GK-CT-Diagnostik des Abdomens (33). Kurz darauf erschien eine stichpunktartige S1-Leitlinie der DGU, in welcher eine sonographische Wiederholungsuntersuchung empfohlen wurde. Gleichzeitig war der Stellenwert der CT-Diagnostik in der Leitlinie für das Abdomen eher gering – sie wurde im Rahmen des Secondary Survey nur empfohlen, wenn sich im Schockraum-FAST Hinweise auf eine abdominelle Verletzung ergaben oder das Abdomen sonographisch nicht ausreichend beurteilt werden konnte (59).

Seitdem scheint sich die Praxis einer erneuten sonographischen Wiederholungsuntersuchung im Rahmen des Tertiary Survey an vielen deutschen Traumazentren etabliert zu haben (81, 82, 83, 84, 92). Da hierbei meist eine Untersuchung nach dem FAST-Protokoll

durchgeführt wird, wurde der Begriff „Re-FAST“ geprägt, welcher auch in der aktuellen S3-Leitlinie verwendet (10) und im Nachfolgenden in dieser Arbeit genutzt wird.

Durch die konstante Weiterentwicklung der CT-Technik und GK-CT-Protokolle, sowie dem standardmäßigen Einsatz der GK-CT stellte sich in den 2010er-Jahren die Frage, ob der Re-FAST nach erfolgter GK-CT weiterhin notwendig sei. Dies wurde einerseits für Patientinnen und Patienten mit nachgewiesener Verletzung in der GK-CT untersucht, wobei die Studien zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen kamen (81, 82, 83). Andererseits wurde der Nutzen des Re-FAST auch für Patientinnen und Patienten ohne Verletzung in der GK-CT untersucht. Hier kamen alle Studien zu dem Schluss, dass durch den Re-FAST keine operationsbedürftigen abdominellen Verletzungen aufgedeckt wurden (81, 82, 84) (s. auch Tabelle 4 in Kapitel 4.3). Wie in der Diskussion näher erörtert wird, wiesen alle Studien relevante Limitationen ob geringer Fallzahl oder sehr hoher Ausschlussrate aufgrund nicht durchgeführten Re-FASTs auf.

Die größte Studie von Schneck et al 2017 mit 316 eingeschlossenen Patientinnen und Patienten (84) war für die Leitlinienkommission der „European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma“ 2019 ausreichend, um den Re-FAST nach unauffälligem abdominellem Befund in der GK-CT nicht routinemäßig zu empfehlen. Bei klinischen oder laborchemischen Auffälligkeiten im Rahmen des Tertiary Survey sei der Re-FAST jedoch sinnvoll (79). Die European Society of Emergency Radiology gibt in ihrer Leitlinie keine Empfehlung zu Verlaufsuntersuchungen im Tertiary Survey ab (21).

Die erst kürzlich erschienene S3 - Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung hingegen listet die Notwendigkeit des routinemäßigen Re-FASTs nach GK-CT ohne klinische Indikation als wichtige, offene Forschungsfrage auf. Die vorliegenden Studien wurden wohl als unzureichende Grundlage für eine Empfehlung eingeschätzt. Sonographische Kontrolluntersuchungen werden empfohlen, falls eine zeitnahe GK-CT nicht durchgeführt werden kann oder in der GK-CT abdominelle Verletzungen festgestellt und konservativ beobachtet werden. In letzterem Fall wird jedoch eine umfassende Abdomensonographie und nicht bloß eine Untersuchung nach dem FAST-Protokoll empfohlen (10).

Außerhalb Deutschlands hingegen scheint der Re-FAST bei Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT nach einer intensiven Literaturrecherche nicht

praktiziert und erforscht zu werden. Auch bei gezielter Suche auf den Seiten des American College of Emergency Physicians (ACEP, USA) und des National Institute for Health and Care Excellence (NICE, UK) wurden keine Empfehlungen zum Re-FAST in trauma-bezogenen Leitlinien gefunden, Sirlin et al beschreiben auch nur vereinzelte Re-FASTs in ihrer Studienpopulation (58).

Aus persönlicher Erfahrung und Korrespondenz ist der Re-FAST als fester Teil des Tertiary Surveys und unabhängig vom Befund der GK-CT in vielen deutschen überregionalen Traumazentren jedoch weiterhin üblich. In aktueller Literatur findet sich auch immerhin ein Hinweis auf die Fortführung dieser Praxis (92).

1.4 Fragestellung

Der Re-FAST gehört am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin fest zum Tertiary Survey - Protokoll und soll nach ungefähr 6 Stunden durchgeführt werden (93). Wie im vorigen Kapitel (1.3.2 Re-FAST) dargestellt, kamen mehrere Studien mit kleineren eingeschlossenen Patientengruppen zu dem Schluss, dass ein Re-FAST nach unauffälligem abdominellem Befund in der GK-CT keine operationsbedürftigen Verletzungen aufdeckt. Es stellt sich also die Frage, ob der routinemäßige Einsatz des Re-FASTs weiterhin eine sinnvolle diagnostische Maßnahme im Tertiary Survey darstellt, obwohl mittlerweile die GK-CT bei den meisten Patientinnen und Patienten als Standarddiagnostik eingesetzt wird.

Wie oben beschrieben spricht sich eine europäische Leitlinie gegen den Einsatz des Re-FASTs aus. Die deutsche S3-Leitlinie jedoch sieht hier noch weiteren Forschungsbedarf, bevor eine Empfehlung abgegeben werden kann (10, 79).

Die Fragestellung der dieser Arbeit zu Grunde liegenden Studie wurde also wie folgt formuliert:

Ist bei Patientinnen und Patienten nach Schockraumalarmierung ein routinemäßiger Verlaufultraschall (Re-FAST) im Tertiary Survey sinnvoll, auch wenn sich in der GK-CT kein Hinweis auf eine abdominelle Verletzung zeigt?

2 Methodik

2.1 Studiendesign und Kohorte

2.1.1 Ethikvotum

Das vorliegende Studiendesign wurde vor Beginn der Datenakquise durch den Ethikausschuss Campus Virchow-Klinikum der Ethikkommission der Charité – Universitätsmedizin Berlin geprüft. Gemäß des Ethikvotums vom 28.10.2019 (Antragsnummer EA2/161/19) wurden keine Bedenken gegen die Veröffentlichung der Studienergebnisse geäußert. Aufgrund der retrospektiven Natur der Arbeit war eine Teilnehmerinformation sowie ein Einholen einer spezifischen Einwilligung zur Teilnahme nicht vorgesehen. Weiterhin wurde die Datenerhebung nach den Richtlinien der siebten Revision der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

2.1.2 Auswahl der Studienkohorte

Für diese retrospektive Studie wurden durch eine Datenabfrage im Radiologischen Informationssystem (RIS) alle Patientinnen und Patienten identifiziert, die am Campus Virchow-Klinikum der Charité – Universitätsmedizin Berlin im Zeitraum vom Juli 2017 bis Dezember 2019 eine GK-CT nach Polytraumaprotokoll erhielten. Dabei wurden teilweise auch Befunde zu Patientinnen und Patienten ohne relevanten Traumamechanismus aufgelistet, da das GK-CT Protokoll am Campus Virchow-Klinikum auch für weitere akute Fragestellungen genutzt wird.

Folgende Ausschlusskriterien wurden definiert und mittels Durchsicht der demographischen Daten in RIS und KIS (Krankenhausinformationssystem), der radiologischen Befunde sowie des Rettungstellerscheines und des Entlass- oder Verlegungsbriefes geprüft:

Tabelle 2. Auflistung aller Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien
Alter unter 18 Jahren
Kein (relevanter) Traumamechanismus
Keine vollständig durchgeführte GK-CT
Untersuchung abgesagt
Notfallmäßiger Eingriff vor GK-CT
Abdominelle Verletzung in der GK-CT
Kein durchgeführtes Re-FAST oder Kontroll-CT vor Re-FAST
Re-FAST außerhalb des definierten Zeitfensters (4 - 12 h nach GK-CT)
Doppelt angelegte Untersuchungen
Entlassung gegen ärztlichen Rat (innerhalb der ersten 2 Tage nach GK-CT)
Unzureichende Daten

Tabelle: Rafael Francesco Dolabella Portella

Nachfolgend sind die Ausschlusskriterien näher erläutert:

Alle Patientinnen und Patienten die, zum Zeitpunkt der Befunderstellung minderjährig waren, wurden ausgeschlossen, da in dieser Patientenpopulation andere Bildgebungsstrategien mit geringerer Strahlenexposition und sparsamem Einsatz von GK-CTs und Kontroll-CTs verfolgt werden.

Auch Patientinnen und Patienten, für die in der Fragestellung des GK-CT-Befundes eine nichttraumatische Genese der Beschwerden beschrieben war, wurden ausgeschlossen. Häufige Gründe für eine GK-CT ohne Traumamechanismus waren u.A. Status epilepticus, unklare Bewusstlosigkeit, V.a. Stroke und V.a. akutes Aortensyndrom. Weiterhin wurden Patientinnen und Patienten ohne relevanten beschriebenen Traumamechanismus ausgeschlossen, insbesondere bei unklarer Auffindesituation.

Bei Schockraumalarmierung wird standardmäßig eine GK-CT nach Ankunft der Patientin bzw. des Patienten im RIS angemeldet. In Einzelfällen entschließt sich das Schockraumteam nach Abschluss des Primary Survey jedoch zu einer Deeskalation der Bildgebungsstrategie, wie beispielsweise zur Durchführung einer CT von Halswirbelsäule und Schädel, oder einer CT des Thorax, um ungerechtfertigte Strahlenexposition zu vermeiden.

Manchmal wird die Untersuchung auch vollständig abgesagt, wenn keine rechtfertigende Indikation zur CT-Bildgebung vorliegt. Entsprechende Patientinnen und Patienten wurden ausgeschlossen, da eine vollständige Abbildung des Abdomens nicht gewährleistet war.

Patientinnen und Patienten, die zwischen Primary Survey und GK-CT bereits einer notfallmäßigen Operation bedurften, wurden ebenfalls ausgeschlossen. Dies betraf jedoch nicht kleinere routinemäßige Schockrauminterventionen wie die Einlage einer Thoraxdrainage.

Weiterhin wurden Patientinnen und Patienten, deren GK-CT Hinweise auf eine abdominelle Verletzung aufwies, ausgeschlossen. Auch Patientinnen und Patienten, deren CT eine unklare Läsion aufwies, bei der eine traumatische Genese nicht auszuschließen war (meistens kleine fokale Läsionen der Leber), wurden ausgeschlossen.

In Abweichung von den klinikinternen Standards wurde bei einigen Patientinnen und Patienten kein Re-FAST durchgeführt. Die Gründe für diese Entscheidung wurden durch die behandelnden Ärzte nicht regelhaft elektronisch dokumentiert. Selten wurde eine Kontrollbildgebung mittels CT vor dem Re-FAST durchgeführt. In beiden Fällen wurden die Patientinnen und Patienten ausgeschlossen.

Der Re-FAST soll am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin ungefähr 6 Stunden nach GK-CT erfolgen. Ein exaktes Zeitintervall von 6 Stunden nach GK-CT ist in der klinischen Routine nicht praktikabel, so dass ein Zeitfenster von 4 bis 12 Stunden nach GKCT definiert wurde. Bei Re-FAST außerhalb dieses Zeitfensters wurden Patientinnen und Patienten ausgeschlossen.

Patientinnen und Patienten, die im Krankenhaussystem aufgrund initial fehlender Daten zur Person doppelt angelegt wurden, wurden nur einmal mit dem vollständiger dokumentierten Behandlungsfall eingeschlossen. Patientinnen und Patienten, für die bis zur Entlassung keine ausreichenden Daten zur Person vorlagen, wurden ausgeschlossen.

Bei Entlassung gegen ärztlichen Rat innerhalb der ersten 2 Tage nach Einlieferung wurden Patientinnen und Patienten aufgrund unzureichender Nachbeobachtungszeit ebenfalls ausgeschlossen.

Patientinnen und Patienten, bei denen ein oder mehrere Ausschlusskriterien erfüllt waren, wurden nicht in die Datentabelle aufgenommen und erhielten kein Pseudonym. Ausgeschlossene Patientinnen und Patienten wurden nur anonym quantitativ erfasst. Lediglich der Ausschluss aufgrund Unter- oder Überschreitung des definierten Zeitfensters für den Re-FAST konnte erst nach Eingabe in die Datentabelle erfolgen, da die Berechnung des zeitlichen Abstands zur GK-CT mittels Excel-Formel durchgeführt wurde. Auch bei Unklarheiten wurden Patientinnen und Patienten zunächst erfasst und nach Besprechung mit den Studienleitern ggf. ausgeschlossen oder in der Tabelle belassen.

2.2 Polytraumamanagement und Bildgebung

2.2.1 Ganzkörper-CT (GK-CT) nach Polytraumaprotokoll

Nach Schockraumvoralarm und nach Prüfung der rechtfertigenden Indikation für eine GK-CT durch einen fachkundigen Radiologen oder eine Radiologin wird diese am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin nach einem spezifischem Polytraumaprotokoll durchgeführt.

Hierfür standen in der Regel zwei moderne Mehrzeilen-Computertomographen (Revolution HD, GE-Healthcare, Milwaukee, WI, USA) in unmittelbarer Nähe zum Schockraum der chirurgischen Rettungsstelle zur Verfügung, wovon jeweils einer bei Schockraumvoralarm gezielt für eine GK-CT freigehalten wurde.

Das CT Protokoll bestand zunächst aus einer orbitomeatal orientierten CT des Kopfes ohne Kontrastmittelapplikation (Inkremental-CCT). Anschließend wurden 120-160ml eines iodhaltigen Kontrastmittels in Split-Bolus-Technik verabreicht und in transversaler Orientierung eine Aufnahme von der Schädelbasis bis zur Symphyse angefertigt. Die primäre Schichtdicke betrug 0,625 mm bei einer Röhrenspannung von 120 kVp. Die Strom-

stärke betrug 100-300 mAs für den Kopf und 100-600 mAs für den Torso bei automatischer Röhrenstrommodulation (automated tube current modulation, TCM) und nachfolgender adapted statistical iterative reconstruction (ASIR) von 20-50% (93).

Die unverzügliche Befunderstellung erfolgte durch eine Dienstärztin oder einen Dienstarzt der Radiologie mit Facharztstandard oder unter fachärztlicher Supervision und Freigabe. Die Befunde wurden nach Hinweisen auf abdominelle Verletzungen durchsucht (93).

2.2.2 Re-FAST - Routinemäßiger Kontrollultraschall nach GK-CT

Der routinemäßig durchgeführte Kontrollultraschall (hier Re-FAST genannt) war ungefähr 6 Stunden nach Durchführung der GK-CTs vorgesehen. Das Zeitintervall zwischen GK-CT und Durchführung des Re-FAST konnte nur annähernd bestimmt werden, da für die GK-CT zwar ein guter Referenzwert (Zeitstempel des ersten CT-Scouts) vorlag, für den Re-FAST jedoch nur der Zeitpunkt der Befunderstellung regelhaft zur Verfügung stand. Der Re-FAST wurde häufig auf einer Überwachungsstation oder Intensivstation mit stationeigenen Ultraschallsystemen durchgeführt, deshalb waren nur in seltenen Fällen Standbilder der Untersuchung mit Zeitstempel in das PACS exportiert. Andererseits wurde der Befund regelhaft vor schriftlicher Dokumentation im RIS in mündlicher Form an das behandelnde ärztliche Team übermittelt. Die schriftliche Dokumentation konnte sich somit etwas verzögern, wenn vom durchführenden Arzt bzw. der durchführenden Ärztin andere dringende Untersuchungen befundet werden mussten.

Da Abweichungen von der Zeitvorgabe aufgrund dringenderer Untersuchungen und hoher Arbeitsbelastung häufiger vorkommen, insbesondere nachts und am Wochenende, wurde ein realistisches Zeitfenster von 4 bis 12 Stunden nach GK-CT als Einschlusskriterium gewählt (vergl. 2.1.2). Ein größeres Zeitfenster wurde hingegen abgetan, da der Re-FAST die verzögerte Manifestation einer abdominellen Verletzung bereits wenige Stunden nach GK-CT feststellen soll.

Der Re-FAST wurde von Assistenzärztinnen bzw. Assistenzärzten ab dem 2. Weiterbildungsjahr oder Fachärztinnen bzw. Fachärzten für Radiologie mit entsprechender Diensttauglichkeit durchgeführt. Voraussetzung war eine mindestens 3-monatige Rotation in die Ultraschallabteilung inklusive supervidierten FAST-Untersuchungen. Die Re-

FAST Untersuchungen wurden mit verschiedenen Ultraschallgeräten der jeweiligen Station oder radiologischen Fachabteilung durchgeführt, welche in der dieser Dissertation zugrundeliegenden Publikation aufgelistet sind (93).

Der Re-FAST ist als rasches Instrument zur Detektion von intraperitonealer Flüssigkeit als Zeichen einer übersehenen abdominellen Verletzung vorgesehen. Somit wurden entsprechend hauseigener Standards die standardisierten FAST-Positionen für intraperitoneale freie Flüssigkeit (rechter und linker oberer Quadrant, pelvin) untersucht. In vielen Fällen wurden in den schriftlichen Befunden zusätzlich Angaben zu freier Flüssigkeit in der Perikardhöhle, seltener auch den Pleurahöhlen gemacht. Retroperitoneale Flüssigkeitskollektionen bzw. Hämatome wurden in 2 Fällen zusätzlich beschrieben.

Zusätzlich zu den FAST-Schnitten wurden teilweise die Darstellung der Aorta abdominalis und die Beurteilung der parenchymatösen Organe im B-Bild-Ultraschall im schriftlichen Befund beschrieben. Diese wurden jedoch nicht in der für die Auswertung im Rahmen der Studie angelegten Datentabelle erfasst - es waren auch keine bislang unbekanntes Befunde beschrieben.

2.3 Datenerhebung

2.3.1 Demographische Daten, Traumamechanismus und Bildgebungsbefunde

In einer pseudonymisierten Tabelle wurden für eingeschlossene Patientinnen und Patienten zunächst Alter, Geschlecht und Traumamechanismus aus dem radiologischen Schockraumbefund und dem GK-CT Befund aus dem RIS erhoben. Bei unzureichenden Angaben im Befund wurde der elektronische Rettungssellenschein aus dem KIS hinzugezogen.

In Bezug auf den Traumamechanismus wurde unterschieden nach Verkehrsunfall, Sturz aus über 3 Metern Höhe, Sturz aus geringerer Höhe inkl. Treppensturz, stumpfer Körperverletzung, penetrierender Körperverletzung und anderen Mechanismen. Bei Verkehrsunfällen wurde die Information erhoben, ob die Patientin bzw. der Patient Fahrer(in bzw.

Passagier eines Gefährts oder Fußgänger(in) war, und ob eine De- oder Akzeleration > 30 km/h beschrieben wurde.

Der Rettungsstellenbericht wurde auf anamnestische Angaben zu oraler Antikoagulation oder ASS-Einnahme geprüft und ggf. der Wirkstoff erhoben.

Weiterhin wurden Datum und Uhrzeit des ersten CT-Scouts (GK-CT aus dem PACS, Picture Archiving and Communication System) sowie des Re-FAST-Befundes (aus dem RIS) verwendet, um den zeitlichen Abstand zwischen beiden Untersuchungen zu berechnen. Hier ließ sich eine zeitliche Unschärfe nicht vermeiden (s. 2.3.2), daher wurde der zeitliche Abstand auf halbstündliche Zeitangaben gerundet. Datum und Uhrzeit wurden anschließend aus der pseudonymisierten Datentabelle gelöscht.

Aus dem Befund des Re-FASTs im RIS wurden weiterhin Angaben zu Nachweis bzw. Ausschluss freier Flüssigkeit, sowie deren Lokalisation in der Peritonealhöhle gesammelt. Auch Angaben zu freier Flüssigkeit in Perikard- und Pleurahöhlen oder retroperitoneal wurden, falls vorhanden, übertragen.

Im weiteren klinischen Verlauf wurde das RIS auf weitere Kontrollbildgebung des Abdomens mit Bezug zum Trauma in der Fragestellung durchsucht. Wenn solch eine Untersuchung durchgeführt worden war, wurde die Modalität und, falls angegeben, der Grund für die erneute Kontrollbildgebung erhoben.

Bei Patientinnen und Patienten, die einen Nachweis freier Flüssigkeit im routinemäßigen Kontrollultraschall hatten, wurden die radiologischen Befunde, Rettungsstellenschein sowie Entlass- bzw. Verlegungsbrief ausführlicher ausgewertet, um den klinischen Verlauf genauer nachzuvollziehen.

2.3.2 Injury Severity Score (ISS)

Weiterhin wurde der ISS (Injury Severity Score) aus einem vorliegenden Datensatz übernommen, in dem die ISS-Werte aus der Dateneingabe in das TraumaRegister der DGU[®] gespeichert waren. Diese werden durch eine vereinfachte AIS-Kodierung ermittelt (94). Da nur für 195 Patientinnen und Patienten ein ISS-Wert vorhanden war, musste der ISS für die restlichen 829 Patientinnen und Patienten kalkuliert werden.

Hierfür wurden die traumabezogenen ICD-10 GM (German Modification) – Codes der Patientinnen und Patienten aus dem KIS erfasst und unter Supervision eines in der ISS-Wert Berechnung erfahrenen Unfallchirurgen in die korrespondierenden ICD-10 CM (Clinical Modification) Codes umkodiert. Daraufhin erfolgte eine Berechnung des jeweils höchsten geschätzten revised Injury Scale (AIS)-Wertes jeder Region, sowie des geschätzten ISS-Wertes mittels des ICDPIC-R-Skriptes. Das Skript wurde zur Berechnung geschätzter AIS- und ISS-Werte mit dem Statistikprogramm R programmiert, um die aufwändige manuelle Berechnung zu vereinfachen (93, 95).

Die in der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studie angewandte Methode wurde mittlerweile von einem Co-Autor weiterentwickelt, um auch den Zwischenschritt der Umkodierung von ICD-10 GM-Codes in ICD-10 CM-Codes mittels eines Skriptes zu automatisieren. Mit dieser sehr ähnlichen Methode erzielte das Autorenteam eine gute Übereinstimmung der beiden in der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studie parallel verwendeten Methoden. Jedoch wurden relevante Abweichungen in fast allen analysierten Subgruppen beobachtet, mit Ausnahme der Subgruppe mit ISS 16-24, woraus geschlossen wurde, dass eine individuelle Bestimmung des ISS für spezifische Patientinnen und Patienten zu ungenau sei (94).

2.3.3 Laborparameter

Für Patientinnen und Patienten, die weitere, über den Re-FAST hinausgehende Kontrollbildgebung erhielten, war nicht immer der Grund für die Anforderung aus der Fragestellung im Befundtext ersichtlich. In einigen Fällen war ein Abfall des Hämoglobinwertes während der stationären Nachbeobachtung als Indikation zur erneuten Kontrollbildgebung angegeben. Daher wurden für diese Patientengruppe die mittels Labor- und Blutgasanalysen erhobenen Hämoglobin- und Lactatwerte mit Datums- und Uhrzeitangabe erhoben. Damit wurden relevanten Hämoglobinabfälle bzw. Lactatanstiege als mögliche Ursache der erneuten Kontrollbildgebung identifiziert.

Am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin wird ein Abfall des Hämoglobinwertes um ≥ 2 g/dl als Schwellenwert für eine mögliche aktive Blutung genutzt.

Als auffälliger Lactatwert in Kontroll-Blutgasanalysen wurde für die Studie in Übereinstimmung mit gängiger Literatur ein Lactatwert über 18 mg/dl definiert (79), ebenso ein Anstieg im Vergleich zum initialen Lactatwert im Schockraum.

2.3.4 Behandlungsverlauf

Im weiteren Verlauf der innerklinischen Behandlung nach Durchführung des Re-FASTs wurde erfasst, ob die Patientinnen und Patienten verstarben, sowie welche Todesursache ggf. ermittelt wurde. Ebenfalls wurden minimal-invasive Interventionen oder Operationen aufgrund abdomineller Verletzungsfolgen nach Durchführung des Re-FASTs erfasst. Dafür wurden die elektronischen Verlegungs- und Entlassbriefe im KIS gesichtet.

2.4 Statistische Analyse

Kontinuierliche Variablen wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet. Nicht normalverteilte Variablen werden als Median mit 1. und 3. Quartile angegeben, und wurden ggf. mittels des Mann-Whitney-U-Tests verglichen. Kategoriale Variablen wurden mittels t-Test oder Chi-Quadrat-Test verglichen (93).

Als statistisches Signifikanzniveau wurde ein α von 0,05 gewählt. Die Datensammlung und -archivierung erfolgte mittels Microsoft Office Excel (Microsoft® Excel® für Microsoft 365 MSO, 64 Bit. Redmond, WA: Microsoft Corp.). Die statistische Auswertung wurde mittels der Software SPSS vorgenommen (IBM Corp. Released 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.) (93).

3 Ergebnisse

3.1 Studienkohorte

Von insgesamt 2.671 in der initialen Datenabfrage identifizierten Patientinnen und Patienten wurden 1.024 für die finale Datenanalyse eingeschlossen (93). Im Flowchart (Abb. 9) sind die ausgeschlossenen Patientinnen und Patienten nach Ausschlusskriterien genauer aufgelistet.

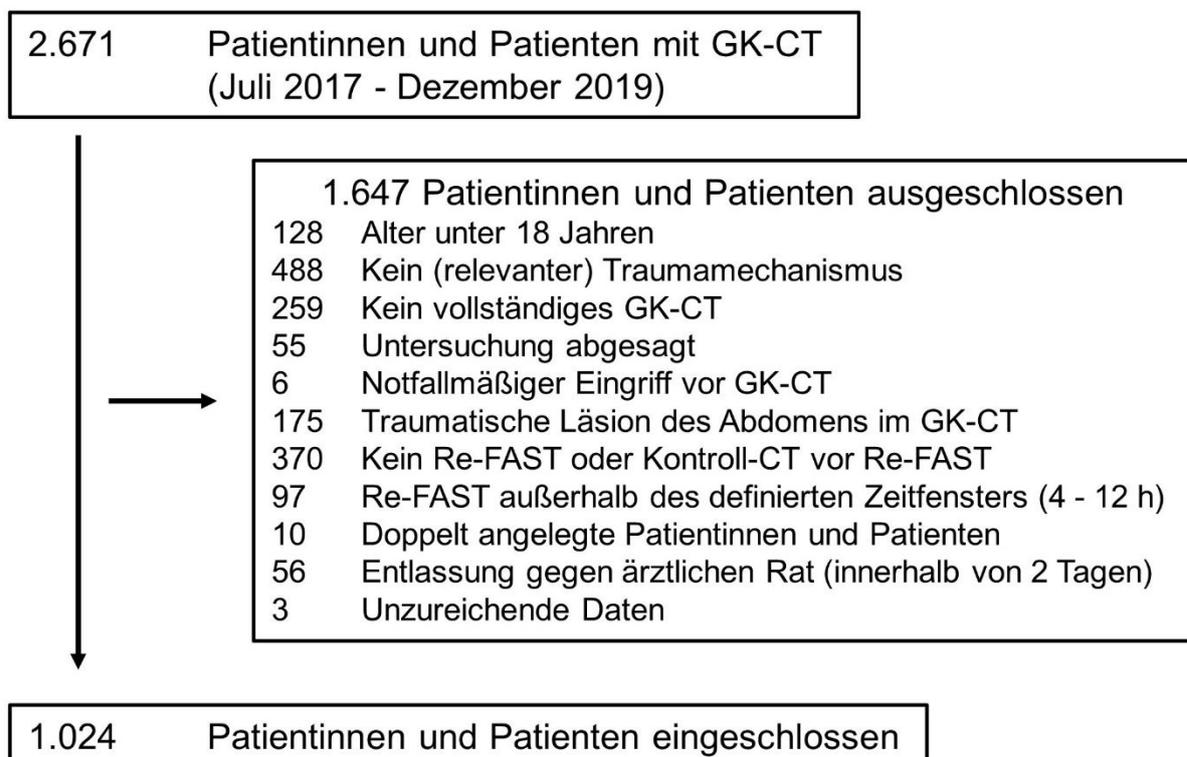


Abb. 9. Flowchart mit Anzahl der ausgeschlossenen Patientinnen und Patienten nach Ausschlusskriterien geordnet.

Details zu den einzelnen Ausschlusskriterien sind in Kapitel 2.1.2 in der Methodik zur Auswahl der Studienkohorte beschrieben.

Modifiziert und erweitert nach Dolabella Portella et al 2021 (93).

Die eingeschlossenen Patientinnen und Patienten hatten ein medianes Alter von 46 Jahren (1. Quartile 32, 3. Quartile 61) am Aufnahmetag, 69,8% waren männlichen und 31,2% weiblichen Geschlechts (93).

Bei 628 Patientinnen und Patienten (61,3%) war ein Verkehrsunfall als Unfallmechanismus angegeben, bei 226 (22,1%) ein Sturz aus geringer Höhe (<3m) oder Treppensturz.

Bei weiteren 74 Patientinnen und Patienten (7,2%) lag ein Sturz aus großer Höhe (>3m) vor, bei 45 (4,4%) eine stumpfe Körperverletzung, bei 25 (2,4%) Schuss- oder Stichverletzungen, und bei 26 Patientinnen und Patienten (2,5%) lagen kombinierte oder unklare Traumamechanismen vor. Eine genauere Aufschlüsselung ist der Tabelle 1 der dieser Dissertation zugrundeliegenden Publikation zu entnehmen (93).

Der Injury Severity Score (ISS) betrug in der Studienkohorte im Median 17 (10-26).

Wie bereits in der Methodik näher beschrieben ist, wurden die ISS-Werte der Studienkohorte auf zwei unterschiedlichen Wegen berechnet. Daher ist eine genauere Aufschlüsselung nach AIS-Werten für einzelne Körperregionen nicht möglich.

3.2 Endpunkte

Sechs Patienten (0,6%) hatten einen positiven Befund im Re-FAST, jedoch musste keiner der Patienten operiert oder einem minimal-invasiven Interventionen am Abdomen unterzogen werden. Keiner der sechs Patienten starb während des Aufenthaltes.

Keine einzige Patientin bzw. Patient wurde nach Durchführung des Re-FASTs – unabhängig von dessen Ergebnis – an einer Verletzung des Abdomens operiert oder einer minimal-invasiven Intervention unterzogen (93).

Insgesamt starben 14 Patientinnen und Patienten (1,4%) während des stationären Aufenthaltes aufgrund extraabdomineller Traumafolgen. Die Haupttodesursache war in den meisten Fällen eine intrakranielle Verletzung (n = 11), gefolgt von Sepsis (n = 2) und ARDS (n = 1) (93).

3.3 Patienten mit positivem Re-FAST

Die sechs Fälle mit positivem Re-FAST-Befund werden nachfolgend beschrieben. Leider wurden nur in zwei der Fälle Bilder im PACS archiviert.

Patient 1: 40-jähriger Patient, Verkehrsunfall mit Motorroller. Acht Stunden nach GK-CT zeigte sich im Re-FAST ein schmaler Flüssigkeitssaum zwischen Milz und Zwerchfell mit

weniger als 5 mm Saumbreite. Der Befund war in einer sonographischen Kontrolle 16 Stunden nach GK-CT konstant, in einer weiteren Kontrolle 35 Stunden nach GK-CT nicht mehr abgrenzbar.

Patient 2: 23-jähriger Patient, Verkehrsunfall mit Fahrrad. Sieben Stunden nach GK-CT zeigte sich im Re-FAST eine minimale Flüssigkeitskolektion im Proust-Raum (vergl. Abb. 10). Retrospektiv war die Flüssigkeitskolektion auch in der GK-CT abzugrenzen, jedoch nicht im Befund erwähnt worden.



Abb. 10 a

Abb. 10 b

Abb. 10. Standbilder des Re-FASTs von Patient 2.

Abb. 10 a: Transversalschnitt des Proust-Raums mit minimaler Flüssigkeitskolektion (s. roter Pfeil). Abb. 10 b: Sagittalschnitt des Proust-Raums mit minimaler Flüssigkeitskolektion (s. roter Pfeil).

Quelle: Bilder aus dem PACS der Klinik für Radiologie, Charité Universitätsmedizin Berlin.

Patient 3: 57-jähriger Patient, Treppensturz. 4,5 Stunden nach GK-CT zeigte sich im Re-FAST wenig freie Flüssigkeit pelvin. 3 Jahre zuvor war der Patient bereits aufgrund einer hydroptisch dekompensierten Leberzirrhose in stationärer Behandlung gewesen, ein entsprechender Ultraschallbefund war im RIS einsehbar. Der Re-FAST-Befund wurde nicht weiter nachkontrolliert.

Patient 4: 61-jähriger Patient, Sturz aus ca. 3 Metern Höhe. Acht Stunden nach GK-CT zeigte sich im Re-FAST ein schmaler Flüssigkeitssaum von 4 mm am kaudalen Pol der rechten Niere, welcher in einer Kontrollsonographie 14 Stunden nach GK-CT nicht mehr abgrenzbar war.

Patient 5: 21-jähriger Patient, tangentielle Schussverletzung in der rechten Flanke. Der Schusskanal wurde in der GK-CT retroperitoneal mit enger Lagebeziehung zu Leber und rechter Niere beschrieben, ohne Nachweis einer Parenchymverletzung oder intraperitonealer freier Flüssigkeit/Luft.

Im Re-FAST nach 6,5 Stunden zeigte sich ein Hämatom dorsal der rechten Niere, welches in der CT nicht vorbeschrieben war. Es wurde keine weitere Kontrollbildgebung durchgeführt.

Patient 6: 46-jähriger Patient, Verkehrsunfall mit Fahrrad. Zehn Stunden nach GK-CT zeigt sich im Re-FAST eine geringe Menge freier Flüssigkeit im Morison-Raum. In einer Kontrollsonographie 15 Stunden nach GK-CT wurde die Flüssigkeitskolektion als sehr kleine retroperitoneale Flüssigkeitskolektion ohne relevante Zunahme gewertet (vergl. Abb. 11 a und b). Es wurden keine weiteren Kontrollsonographien durchgeführt.

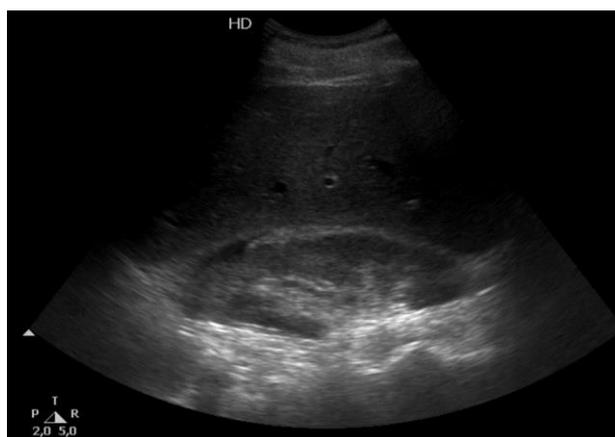


Abb. 11 a

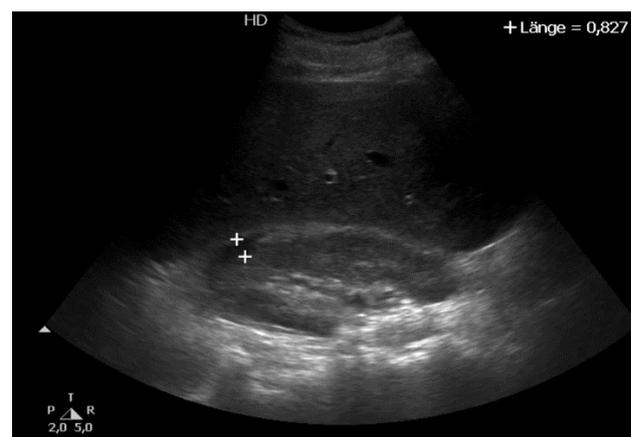


Abb. 11 b

Abb. 11. Standbilder der Kontrollsonographie 15 Stunden nach GK-CT von Patient 6.

Abb. 11 a: Annähernder Längsschnitt der rechten Niere mit kleiner Flüssigkeitskolektion am kranialen Nierenpol. Abb. 11 b: Identisches Standbild zu (a) mit Messung der maximalen Breite der Flüssigkeitskolektion – 8 mm.

Quelle: Bilder aus dem PACS der Klinik für Radiologie, Charité Universitätsmedizin Berlin.

3.4 Pleurahöhlen und Perikardhöhle

Im Rahmen der Datenerhebung wurden für den Re-FAST auch Befundangaben zu freier Flüssigkeit in den Pleurahöhlen und der Perikardhöhle erfasst, auch wenn die Regionen

am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin nicht zwingend untersucht werden müssen.

Für die Pleurahöhlen gab es bei 357 (34,9%) der Patientinnen und Patienten Angaben; in 4 der 357 Fälle (1,1%) wurde rechtsseitig freie Flüssigkeit beschrieben. In 3 der 4 Fälle war ein Pleuraerguss bzw. Hämatothorax in der GK-CT vorbeschrieben worden. In einem Fall war kein Erguss vorbeschrieben, jedoch ergab sich bei geringer Menge und ohne Symptomatik keine Indikation zu weiteren diagnostischen oder therapeutischen Schritten. Eine Patientin mit vorbeschriebenem Hämatothorax beidseits verstarb 6 Tage nach Aufnahme an septischem Multiorganversagen nach einer Aspirationspneumonie und begleitendem Ileus.

Für die Perikardhöhle wurden in 890 Befunden (86,9%) Angaben gemacht, in 5 Fällen davon (0,6%) wurde ein Perikarderguss dargestellt. In 2 der 5 Fälle war bereits ein Perikarderguss in der GK-CT vorbeschrieben, in einem Fall wurde der initial als Erguss gewertete Befund im weiteren Verlauf als epikardiales Fett gewertet. In 2 von 5 Fällen wurde also ein neu aufgetretener, schmaler Perikarderguss beschrieben, jedoch beide Male nicht weiter abgeklärt oder erneut in der Dokumentation erwähnt. Außerdem wurde in 18 der 890 Befunde (2,0%) angegeben, dass der Perikardbeutel aufgrund inadäquater Schallfenster nicht ausreichend beurteilbar war.

3.5 Indikation für weitere Kontrollbildgebung

39 Patientinnen und Patienten (3,8%) erhielten außer dem Re-FAST noch weitere Kontrollbildgebung des Abdomens, hiervon 38 Patientinnen und Patienten einen Kontrollultraschall und ein Patient einen Kontrollultraschall und eine kontrastmittelverstärkte CT. Keine Patientin und kein Patient wies dabei behandlungsbedürftige Verletzungen des Abdomens auf, bei einem Patienten wurde in der CT eine aktive Blutung aus der Arteria femoralis versorgt, wie bereits beschrieben (93). Bei 17 der insgesamt 39 Patientinnen und Patienten waren die Anforderungsgründe der Kontrollbildgebung dokumentiert, wie nachfolgende Tabelle 3 zeigt (93).

Tabelle 3. Gründe für weitere Kontrollbildgebung des Abdomens nach Re-FAST

Anzahl an Pat.	Grund für Kontrollbildgebung
5 (12,8 %)	Abfall der Hämoglobinkonzentration um ≥ 2 g/dl
4 (10,3%)	Verlaufskontrolle eines neuen Re-FAST – Befundes
4 (10,3%)	Verlaufskontrolle bei unklarem / unzureichendem Re-FAST
3 (7,7 %)	neu aufgetretene / anhaltende abdominelle Schmerzen
1 (2,6 %)	erhöhte Leberenzyme an Tag 4 – Ausschluss Leberlazeration

Bei insgesamt N = 39 Patientinnen und Patienten wurde eine Kontrollbildgebung des Abdomens nach Durchführung des Re-FAST veranlasst. In 17 Fällen war der Grund für die Anforderungen nachvollziehbar. Anzahl an Patientinnen und Patienten in n und Prozent (n/N).

Tabelle: Rafael Francesco Dolabella Portella

Bei bis zu 16 Patientinnen und Patienten lag ein Abfall der Hämoglobinkonzentration von ≥ 2 g/dl vor und könnte somit der Grund gewesen sein, jedoch ist dies nur in 5 Fällen auch schriftlich festgehalten worden.

Sechs Patientinnen und Patienten hatten in einer Kontroll-Blutgasanalyse einen erhöhten und/oder steigenden Laktatwert, wobei 5 dieser Fälle simultan auch einen Abfall der Hämoglobinkonzentration um ≥ 2 g/dl aufwiesen und die sechste Patientin einen Abfall um 1,7 g/dl. In keinem der 6 Fälle wurde die Laktatdynamik in der radiologischen Anforderung der Kontrollbildgebung als Grund genannt.

4. Diskussion

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Von 1.024 eingeschlossenen Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT hatten sechs Patienten (0,6%) einen positiven Befund im Re-FAST, wovon keiner der Patienten operiert oder einer minimal-invasiven Intervention am Abdomen unterzogen wurde und auch keiner verstarb. Von den anderen Patientinnen und Patienten mit negativem Re-FAST-Befund musste ebenfalls keine Patientin bzw. kein Patient am Abdomen operiert oder einer minimal-invasiven Intervention unterzogen werden.

Es starben 14 Patientinnen und Patienten (1,4%) während des stationären Aufenthaltes, allesamt an extraabdominellen Ursachen.

4.2 Interpretation der Ergebnisse

In der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studie konnte kein Hinweis auf einen Nutzen des Re-FASTs bei Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT gefunden werden, da positive Re-FAST Befunde sehr selten waren und in keinem der Fälle eine behandlungsbedürftige abdominelle Verletzung aufdeckten bzw. sich aus dem Befund therapeutische Konsequenzen ergaben. Kein Patient mit positivem Re-FAST verstarb innerklinisch, während die Todesfälle bei negativem Re-FAST-Ergebnis allesamt extraabdominellen Ursachen zugeordnet wurden.

Wie bei der Darstellung der einzelnen Patientenfälle mit positivem Re-FAST ersichtlich, wurden durchweg sehr geringe Mengen freier Flüssigkeit beschrieben. Es stellt sich die Frage, wie relevant solch geringe Mengen freier Flüssigkeit in der Zeit nach der akuten Schockraumphase überhaupt sind. Je nach Lokalisation sind solche geringen Mengen auch physiologisch nachweisbar, können aber auch nichttraumatischer Genese (z.B. kardial, hepatisch oder infektbedingt) sein. In Abwesenheit einer relevanten Symptomatik ist die Bedeutung kleiner Ansammlungen freier Flüssigkeit im Abdomen durchaus zu hinterfragen.

In Bezug auf pleurale und perikardiale Befunde ist die Aussagekraft der Ergebnisse eingeschränkt, da die Studie auf abdominelle Verletzungen ausgelegt war und nicht alle Patientinnen und Patienten in den entsprechenden Regionen untersucht wurden. Die Rolle des Re-FAST wird auch in der Literatur und in älteren Empfehlungen auf die Beurteilung des Abdomens beschränkt, daher sind am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin nur die intraperitonealen Regionen obligater Bestandteil des Re-FASTs. Es zeigten sich nur ein Fall eines unbekanntes Pleura- und zwei Fälle vormals unbekannter Perikardergüsse, die jeweils als klein beschrieben wurden und keine weitere Abklärung, geschweige denn Intervention nach sich zogen. Somit zeigte sich kein Indiz für den Nutzen eines Re-FASTs für pleurale und perikardiale Flüssigkeiten. Diese Studie war jedoch nur für die Frage nach intraperitonealen Befunden im Re-FAST konzipiert und kann in Hinblick auf pleurale und epikardiale Befunde keine sichere Aussage treffen.

Für Patientinnen und Patienten mit weiterer Kontrollbildgebung des Abdomens, die über den routinemäßigen Re-FAST hinausging, waren in weniger als der Hälfte der Fälle die Gründe für die Anforderung angegeben. Da ein gängiger Grund der relevante Abfall des Hämoglobin-Spiegels war, wurden für die 39 Patientinnen und Patienten Hämoglobin- und Lactatverläufe erhoben. Ein Hämoglobin-Abfall ≥ 2 g/dl oder Lactatanstieg über den Grenzwert von 18 mg/dl könnte in insgesamt 17 Fällen der Grund für die Anforderung gewesen sein, eine Kausalität kann jedoch nur in 5 Fällen aufgrund der Anforderung hergestellt werden. Daher war die Erhebung wenig zielführend. Weitere Gründe waren neu aufgetretene oder persistierende abdominelle Schmerzen und erhöhte Leberenzyme. In diesen Fällen wurden die weiteren Kontrollbildgebung also aufgrund klinischer und laborchemischer Auffälligkeiten im Rahmen der stationären Nachbeobachtung angefordert. In einigen Fällen führte eine geringe Ansammlung von Re-FAST neu entdeckter freier Flüssigkeit oder ein unklarer bzw. unzureichend durchführbarer Re-FAST zu einer weiteren sonographischen Kontrollbildgebung. In diesen zusätzlichen Kontrollsonographien wurden keine zunehmenden Mengen bzw. neue Ansammlungen freier Flüssigkeit gefunden, weshalb sich keine weitere Konsequenz für die Therapie ergab (93).

Die ISS-Werte der Gesamtpopulation zeigen, dass sowohl schwerverletzte (ISS ≥ 16) als auch moderat verletzte Patientinnen und Patienten in relevantem Ausmaß vertreten sind. Die dieser Arbeit zugrundeliegende Studie bezieht sich auch explizit nicht auf schwerver-

letzte oder polytraumatisierte Patientinnen und Patienten. Stattdessen wurden Patientinnen und Patienten mit rechtfertigender Indikation zur GK-CT untersucht, um die Notwendigkeit des Re-FAST im Verlauf zu beurteilen.

4.3 Einbettung der Ergebnisse in den bisherigen Forschungsstand

Wie eingangs erwähnt gibt es bislang nur wenige retrospektive Studien zur Rolle des Re-FASTs bzw. der routinemäßigen Kontrollsonographie nach GK-CT. Drei der Studien weisen sehr geringe Fallzahlen auf und evaluierten sowohl Patientinnen und Patienten mit als auch ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT (vergl. Tabelle 4). Daher ist die Aussagekraft in Bezug auf die hier gestellte Forschungsfrage eingeschränkt. In diesen Studien konnten bei Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT keine neuen Befunde im Re-FAST erhoben werden, weshalb ein Re-FAST hier nicht empfohlen wird. Bei abdomineller Verletzung in der GK-CT empfehlen Maurer et al hingegen den Re-FAST als niederschwellige Verlaufskontrolle, während Geyer et al bei klinischer Indikation eine CT-Untersuchung vorziehen (81, 82, 83).

Tabelle 4. Übersicht bisheriger Studien zum routinemäßigen Re-FAST im Rahmen des Tertiary Surveys

	Maurer MH et al 2012 (81)	Geyer LL et al 2014 (82)	Wilckens HH 2017 (83)	Schneck E et al 2017 (84)
Fallzahl	N = 176	N = 44	N = 54	N = 316
Zeitpunkt Re-FAST in Stunden nach GK-CT	3 – 18 h	6 und 24 h	Innerhalb 24 h	Innerhalb 24 h
FAST vs. umfassende Abdomensonographie (ABD)	FAST	ABD	ABD	Keine Angabe
Negative abd. GK-CT eingeschlossen *	Ja	Ja	Nein	Ja
Positive abd. GK-CT eingeschlossen **	Ja	Ja	Ja	Nein
Neue, operationsbedürftige abdominelle Verletzung im Re-FAST bei negativer abd. GK-CT	Nein (0/151 neue Befunde)	Nein (0/24 neue Befunde)	-	Nein (3/316 neue Befunde)
Neue, operationsbedürftige abdominelle Verletzung im Re-FAST bei positiver abd. GK-CT	Nein (2/25 neue Befunde)	Nein (3/20 neue Befunde)	Nein	-
Empfehlung zum routinemäßigen Re-FAST bei negativer abd. GK-CT	Nein ***	Nein	-	Nein
Empfehlung zum routinemäßigen Re-FAST bei positiver abd. GK-CT	Ja	Nein (Re-CT bevorzugt)	Nein	-

* negative abd. GK-CT: Patientinnen und Patienten ohne Nachweis oder Verdacht einer abdominellen Verletzung in der GK-CT. ** positive abd. GK-CT: Patientinnen und Patienten mit Nachweis oder Verdacht einer abdominellen Verletzung in der GK-CT. *** „Zumindest wäre zu diskutieren, ob im Bereitschaftsdienst auf diese Ultraschallverlaufskontrollen verzichtet werden kann und sie im regulären Tagdienst durchgeführt werden“ (81).

Tabelle: Rafael Francesco Dolabella Portella, auf Grundlage der in der ersten Zeile zitierten Publikationen

Die größte bisher publizierte Studie von Schneck et al untersuchte retrospektiv 316 Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT. Sie fanden mit 0,9% eine ähnlich niedrige Rate neu aufgetretener Befunde im Re-FAST wie in der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studie, wobei auch hier in keinem der Fälle eine behandlungsbedürftige abdominelle Verletzung nachgewiesen wurde (84). Diese Publikation war für die Leitlinienkommission der europäischen Polytraumaleitlinie ausreichend, um sich gegen einen routinemäßigen Re-FAST nach unauffälligem abdominellem Anteil der GK-CT auszusprechen. Die deutsche Polytraumaleitlinie hingegen sieht die Frage noch als unzureichend erforscht an (10, 79).

Eine große Limitation der Studie von Schneck et al war die sehr hohe Ausschlussrate (661 von 977 Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT oder andere Ausschlusskriterien) aufgrund nicht durchgeführter Re-FASTs (84). Dieses Problem trat auch in der dieser Arbeit zu Grunde liegenden Studie auf, jedoch in deutlich geringerem Ausmaß: 467 von insgesamt 1.491 Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT oder andere Ausschlusskriterien erhielten kein (rechtzeitiges) Re-FAST.

Bei der Studie von Maurer et al am Campus Virchow-Klinikum der Charité-Universitätsmedizin Berlin im Jahre 2012 war für jeden Re-FAST eine radiologische Assistenzärztin bzw. Assistenzarzt für ca. 40 Minuten eingebunden. Dieser Zeitaufwand war vor allem auf längere Wegezeiten zurückzuführen, da Re-FASTs meist auf Überwachungs- und Intensivstationen durchgeführt wurden. Etwa drei Viertel der Untersuchungen wurden zu Bereitschaftsdienstzeiten durchgeführt (81). Der Re-FAST stellt eine relevante Belastung der Dienststrukturen dar und kann im Einzelfall ggf. dringlichere radiologische Untersuchungen verzögern.

Wie in der Einleitung näher dargelegt, stammen die Empfehlungen zu routinemäßigen Re-FAST-Untersuchungen aus der Zeit der Jahrtausendwende und somit aus Zeiten vor flächendeckendem GK-CT – Einsatz (33, 59). Mit der Entwicklung von hochauflösenden, schnellen und dosisreduzierten GK-CT-Protokollen und deren zunehmenden Einsatz sind verspätet diagnostizierte Verletzungen seltener geworden. Wenn intraperitoneale Verletzungen verspätet festgestellt werden, geschieht dies zu einem (teils deutlich) späteren Zeitpunkt, als der Re-FAST angesetzt wird – am 2. Tag des stationären Aufenthal-

tes oder noch deutlich später (70, 88). Auch sind Hohlorganperforationen eine der häufigsten Entitäten, die verspätet diagnostiziert werden. Für die Diagnostik von Hohlorganperforationen ist die Sonographie jedoch nur bedingt geeignet und spielt eine stark untergeordnete Rolle im Vergleich zur CT-Bildgebung (85, 86, 87). Somit dürfte ein Re-FAST nach ungefähr 6 Stunden die meisten verspätet diagnostizierten intraperitonealen Verletzungen ohnehin nicht aufdecken.

Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Suda et al, in deren Studie trotz Tertiary Survey inklusive Re-FAST 6 Darmperforationen verspätet diagnostiziert und operiert wurden. In diesen Fällen war zum Teil eine sonographische Untersuchung ausreichend, um die OP-Indikation zu stellen, jedoch fand diese mindestens 5 Stunden bis mehrere Tage nach Abschluss des Tertiary Survey statt und wurde aufgrund klinischer Verschlechterung durchgeführt, weshalb der vorgeschaltete routinemäßige Re-FAST nicht hilfreich war (92).

Die routinemäßige Re-FAST – Untersuchung scheint in Zeiten der flächendeckenden GK-CT-Diagnostik daher eher ein historisches Relikt zu sein, welches zur Zeit der Einführung den Schockraum-FAST mangels sensitiverer Diagnostik ergänzen sollte. Nicht zuletzt deshalb wird der Re-FAST offensichtlich außerhalb des deutschsprachigen Raumes ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT scheinbar nicht mehr routinemäßig eingesetzt, wie bereits in der Einleitung im Kapitel 1.3.2 beschrieben wurde.

4.4 Stärken und Schwächen der Studie

Die Stärke dieser Studie ist eine große Kohorte mit 1.024 eingeschlossenen Patientinnen und Patienten, welche nach klaren Ausschlusskriterien selektiert wurden, um eine Patientengruppe mit niedrigerer Wahrscheinlichkeit für neue abdominelle Befunde im Re-FAST zu untersuchen. Damit ist die Studienpopulation weniger heterogen als in den meisten vorangegangenen Studien zum Re-FAST. Gleichzeitig wurde auf eine ausreichende innerklinische Nachbeobachtung geachtet, indem Patientinnen und Patienten ausgeschlossen wurden, die sich innerhalb von 48 Stunden gegen ärztlichen Rat entließen.

Als größte Schwäche ist das retrospektive Design der Studie zu nennen. Einerseits war hierdurch keine Nachbeobachtung der Patientinnen und Patienten über den stationären Aufenthalt hinaus möglich. Andererseits führte dies zu einer höheren Ausschlussrate von Patientinnen und Patienten, die kein Re-FAST erhalten hatten (370 Patientinnen und Patienten) oder deren Re-FAST außerhalb des definierten Zeitfensters durchgeführt wurde (97 Patientinnen und Patienten). Da bei diesen Patientinnen und Patienten meist keine Anforderung für ein Re-FAST gestellt wurde – abweichend von klinikinternen Standards – ist jedoch davon auszugehen, dass das Behandlungsteam in diesen Fällen von einer noch geringeren Wahrscheinlichkeit für okkulte abdominelle Verletzungen ausging. Dieser Selektionsbias dürfte also eher dazu geführt haben, dass die Wahrscheinlichkeit für verspätet diagnostizierte Verletzungen in der vorliegenden Kohorte stieg (93). Auch war der potenzielle Selektionsbias geringer als in der größten vorangegangenen Studie (84). Insgesamt wäre eine prospektive randomisierte Studie zum Nutzen des Re-FASTs zur Untermauerung der bisherigen Forschungsergebnisse wünschenswert. Eine entsprechende Studie wäre jedoch mit einem erheblichen Aufwand und finanziellen Ressourcen verbunden.

Eine weitere Schwäche ist, dass die verwendete Methode der automatischen Berechnung des ISS nur geschätzte ISS-Werte liefert, wie in der Methodik in Kapitel 2 genauer erläutert. Trotzdem wurde diese Methode einer manuellen Berechnung vorgezogen, da der Aufwand einer genaueren manuellen Berechnung in keinem Verhältnis zum Stellenwert des ISS-Wertes in dieser Studie als reines Element zur Beschreibung der Studienpopulation gestanden hätte.

Für eine allgemeine Einordnung der Studienpopulation in der vorliegenden Studie dürfte die Schätzung des ISS-Wertes mittels dieser Methode ausreichen (94).

Weiterhin wurden in den vorliegenden Studien teils Untersuchungen nach dem FAST oder eFAST-Protokoll, teils umfassende Abdomensonographien als routinemäßige Kontrollsonographie verwendet. Auch wenn die B-Bild-Sonographie wie bereits dargelegt vergleichsweise wenig sensitiv für parenchymatöse Verletzungen ist, könnte eine umfassende Abdomensonographie potenziell mehr verspätet diagnostizierte Verletzungen zu Tage fördern.

Ebenso sind in der Literatur verschiedene Zeitabstände zwischen Aufnahme bzw. GK-CT und sonographischer Kontrolle beschrieben, diese reichen von 3 Stunden bis 24 Stunden (s. Tabelle 4) (81, 82, 83, 84). Die Übertragbarkeit der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studie auf diese Vorgehensweisen ist daher eingeschränkt. Immerhin haben vorangegangene kleinere Studien hier aber keinen Hinweis dafür gefunden, dass routinemäßige Re-FASTs bzw. Abdomensonographien in einem anderen Zeitfenster verspätete Diagnosen aufdecken.

4.5 Implikationen für Praxis und zukünftige Forschung

Aufgrund der Resultate der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studie und der Daten vorangegangener Studien kann die Praxis des routinemäßigen Re-FASTs bei Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT aufgegeben werden. Vielmehr ist der gezielte Einsatz des eFAST bzw. der Abdomensonographie bei klinisch oder laborchemisch auffälligem Verlauf sowie evtl. bei ausgewählten Traumamechanismen sinnvoll. Um das eFAST-Protokoll gewinnbringend einsetzen zu können, braucht es adäquates Training und Wissen um die sensitivsten Areale der Peritonealhöhle, sowie um Fallstricke für falsch-positive bzw. falsch-negative Befunde, wie in der Einleitung dargelegt.

Weiterhin ist der Re-FAST ein wichtiges Instrument für Patientinnen und Patienten, die keine vollständige GK-CT erhalten haben.

Sonographische Kontrollen von Patientinnen und Patienten mit bekannter abdomineller Verletzung in der GK-CT können sinnvoll sein und werden in der S3-Leitlinie Polytrauma und Schwerverletztenbehandlung als „Standard-Sonografie des Abdomens/Thorax“ empfohlen (10). Die Beurteilbarkeit parenchymatöser Verletzung im B-Bild-Ultraschall ist jedoch nicht immer gegeben.

Bei Verlaufskontrollen sollte immer auch erwogen werden, eine andere Bildgebungsmodalität in Betracht zu ziehen. Die B-Bild-Sonographie und kontrastmittelverstärkte Sonographie (CEUS) sind am Patientenbett und in der Intensivstation einsetzbar und können ggf. parallel zu anderen Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Dafür weisen

sie mehrere Schwächen auf, wie z.B. physikalische Limitationen (große Verbände, Adipositas permagna etc.). Insbesondere bei Hohlorganperforationen können allenfalls indirekte Zeichen dargestellt werden, nicht jedoch Lokalisation und Ausmaß der Perforation an sich. Bei unübersichtlichen Konstellationen (bspw. Beckenfraktur mit freier intraperitonealer Flüssigkeit, Aszites anderer Genese) ist es sonographisch nicht möglich eine weitere Verletzung mit resultierender freier Flüssigkeit auszuschließen.

Bei der Beurteilung parenchymatöser Organe ist die CEUS eine hochsensitive Option. Eine CEUS-Untersuchung erfordert jedoch erfahrene Anwenderinnen und Anwender, die meist nicht zu jeder Tages- und Nachtzeit und nicht in allen Traumazentren verfügbar sind (20, 96).

Die CT-Bildgebung hingegen ist der Goldstandard in der Bildgebung abdomineller Verletzungen und bietet eine objektivierbare und sehr übersichtliche Untersuchung mit weniger physikalischen Limitationen (z.B. Artefakte durch angelagerte Arme, Bewegungs- und Fremdmaterialartefakte) (67, 69). Dafür ist sie mit einem höheren logistischen Aufwand verbunden (hausinterner Transport bzw. Intensivtransport), kann möglicherweise benötigte Stabilisierungsmaßnahmen verzögern und geht mit einer relevanten Strahlenbelastung einher.

Die Auswahl der Bildgebungsmodalität sollte also in jedem Fall situationsbezogen und ggf. interdisziplinär unter besonderer Berücksichtigung der institutionellen Gegebenheiten und des Patientenzustandes sowie der Verletzungskonstellation erfolgen.

5. Schlussfolgerungen

Die Praxis des Re-FAST bei Patientinnen und Patienten ohne abdominelle Verletzung in der GK-CT kann auf Basis der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studie aufgegeben werden. Diese Empfehlung ist bereits auf europäischer Ebene in einer Leitlinie enthalten, während eine Empfehlung in der deutschen S3-Leitlinie noch aussteht.

Abdominelle Kontrollbildgebung bei potenziell schwerverletzten Patienten sollte gezielt nach klinischen und laborchemischen Befunden angefordert werden. Dabei sollten individuelle Überlegungen zur Auswahl einer adäquaten Bildgebungsmodalität für die jeweilige Fragestellung bzw. Verdachtsdiagnose angestellt und Dringlichkeit sowie logistische Aspekte berücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

1. Paffrath T, Lefering R, Flohé S. How to define severely injured patients? -- an Injury Severity Score (ISS) based approach alone is not sufficient. *Injury*. 2014;45 Suppl 3:S64-9.
2. Pape HC, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, Lichte P, Josten C, Bouillon B, Schmucker U, Stahel P, Giannoudis P, Balogh Z. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;77(5):780-6.
3. Liener UC, Rapp U, Lampl L, Helm M, Richter G, Gaus M, Wildner M, Kinzl L, Gebhard F. [Incidence of severe injuries. Results of a population-based analysis]. *Unfallchirurg*. 2004;107(6):483-90.
4. Kühne CA, Ruchholtz S, Buschmann C, Sturm J, Lackner CK, Wentzensen A, Bouillon B, Waydhas C, Weber C. [Trauma centers in Germany. Status report]. *Unfallchirurg*. 2006;109(5):357-66.
5. Haas NP, von Fournier C, Tempka A, Südkamp NP. [Trauma center 2000. How many and which trauma centers does Europe need around the year 2000?]. *Unfallchirurg*. 1997;100(11):852-8.
6. Ruchholtz S, Kühne CA, Siebert H. [Trauma network of the German Association of Trauma Surgery (DGU). Establishment, organization, and quality assurance of a regional trauma network of the DGU]. *Unfallchirurg*. 2007;110(4):373-9.
7. Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. TraumaRegister DGU® - Jahresbericht 2022 für das Unfalljahr 2021. TraumaRegister DGU 2022 [Accessed 2023 April 5th]. Available from: <https://www.traumaregister-dgu.de/infos>.
8. Bouillon B, Probst C, Maegele M, Wafaisade A, Helm P, Mutschler M, Brockamp T, Shafizadeh S, Paffrath T. Schockraummanagement Polytrauma : ATLS® und S3-Leitlinie [Emergency room management of multiple trauma : ATLS® and S3 guidelines]. *Chirurg*. 2013;84(9):745-52.
9. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 012-019) 2016 [Accessed 2019 June 02nd]. Available from: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html>.

10. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023) 2022 [Accessed 2023 March 03rd]. Version 4.0. Available from: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>.
11. Committee on Trauma, American College of Surgeons. ATLS® - Advanced Trauma Life Support® Student Course Manual. 10th ed. Chicago: American College of Surgeons; 2018.
12. Josse F, Stöhr A, Lechner R, Helm M, Hossfeld B. [Prehospital Strategies to Stop the Bleeding]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2020;55(10):603-19.
13. Kanz KG, Körner M, Linsenmaier U, Kay MV, Huber-Wagner SM, Kreimeier U, Pfeifer KJ, Reiser M, Mutschler W. Prioritätenorientiertes Schockraummanagement unter Integration des Mehrschichtspiralcomputertomographen. *Der Unfallchirurg.* 2004;107(10):937-44.
14. Ketter V, Ruchholtz S, Frink M. [Trauma center management]. *Med Klin Intensivmed Notfmed.* 2021;116(5):400-4.
15. Frink M, Lechler P, Debus F, Ruchholtz S. Multiple Trauma and Emergency Room Management. *Dtsch Arztebl Int.* 2017;114(29-30):497-503.
16. Keijzers GB, Giannakopoulos GF, Del Mar C, Bakker FC, Geeraedts LM, Jr. The effect of tertiary surveys on missed injuries in trauma: a systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2012;20:77.
17. Thomson CB, Greaves I. Missed injury and the tertiary trauma survey. *Injury.* 2008;39(1):107-14.
18. Holly J, Bledsoe J, Black K, Robbins R, Davis V, Bossart P, Barton E, Madsen T. Prospective evaluation of an ED observation unit protocol for trauma activation patients. *Am J Emerg Med.* 2012;30(8):1402-6.
19. Stengel D, Leisterer J, Ferrada P, Ekkernkamp A, Mutze S, Hoenning A. Point-of-care ultrasonography for diagnosing thoracoabdominal injuries in patients with blunt trauma. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018;12(12):Cd012669.
20. Osterwalder J, Mathis G, Hoffmann B. New Perspectives for Modern Trauma Management - Lessons Learned from 25 Years FAST and 15 Years E-FAST. *Ultraschall Med.* 2019;40(5):560-83.
21. Wirth S, Hebebrand J, Basilico R, Berger FH, Blanco A, Calli C, Dumba M, Linsenmaier U, Mück F, Nieboer KH, Scaglione M, Weber MA, Dick E. European Society

of Emergency Radiology: guideline on radiological polytrauma imaging and service (short version). *Insights Imaging*. 2020;11(1):135.

22. Arbeitsgemeinschaft "Polytrauma" der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. Jahresbericht 2002 des TraumaRegisters der Arbeitsgemeinschaft "Polytrauma" der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie DGU TraumaRegister DGU 2003 [Accessed 2023 April 5th]. Available from: <https://www.traumaregister-dgu.de/infos>.

23. Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. TraumaRegister DGU - Jahresbericht 2007 für den Zeitraum bis Ende 2006. TraumaRegister DGU 2007 [Accessed 2023 April 5th]. Available from: <https://www.traumaregister-dgu.de/infos>.

24. Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. TraumaRegister DGU® - Jahresbericht 2012 für den Zeitraum bis Ende 2011. TraumaRegister DGU 2012 [Accessed 2023 April 5th]. Available from: <https://www.traumaregister-dgu.de/infos>.

25. Kimura A, Otsuka T. Emergency center ultrasonography in the evaluation of hemoperitoneum: a prospective study. *J Trauma*. 1991;31(1):20-3.

26. Shackford SR. Focused ultrasound examinations by surgeons: the time is now. *J Trauma*. 1993;35(2):181-2.

27. McKenney M, Lentz K, Nunez D, Sosa JL, Sleeman D, Axelrad A, Martin L, Kirton O, Oldham C. Can ultrasound replace diagnostic peritoneal lavage in the assessment of blunt trauma? *J Trauma*. 1994;37(3):439-41.

28. Liu M, Lee CH, P'Eng F K. Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 1993;35(2):267-70.

29. Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam M, Pohlemann T, Wippermann B, Regel G, Tscherne H. Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: a prospective analysis of 291 patients. *J Trauma*. 1992;32(4):452-8.

30. Strittmatter B, Lausen M, Salm R, Kohlberger E. [The value of ultrasound diagnosis in blunt abdominal and thoracic injuries]. *Langenbecks Arch Chir*. 1988;373(4):202-5.

31. Rozycki GS, Ochsner MG, Jaffin JH, Champion HR. Prospective evaluation of surgeons' use of ultrasound in the evaluation of trauma patients. *J Trauma*. 1993;34(4):516-26.

32. Rozycki GS. Abdominal ultrasonography in trauma. *Surg Clin North Am*. 1995;75(2):175-91.

33. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, Brenneman FD, Fallon WF, Jr., Kato K, McKenney MG, Nerlich ML, Ochsner MG, Yoshii H. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma*. 1999;46(3):466-72.
34. Ma OJ, Mateer JR. Trauma ultrasound examination versus chest radiography in the detection of hemothorax. *Ann Emerg Med*. 1997;29(3):312-5; discussion 5-6.
35. Sisley AC, Rozycki GS, Ballard RB, Namias N, Salomone JP, Feliciano DV. Rapid detection of traumatic effusion using surgeon-performed ultrasonography. *J Trauma*. 1998;44(2):291-6.
36. Brooks A, Davies B, Smethurst M, Connolly J. Emergency ultrasound in the acute assessment of haemothorax. *Emerg Med J*. 2004;21(1):44-6.
37. Knudtson JL, Dort JM, Helmer SD, Smith RS. Surgeon-performed ultrasound for pneumothorax in the trauma suite. *J Trauma*. 2004;56(3):527-30.
38. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, Hameed SM, Brown R, Simons R, Dulchavsky SA, Hamilton DR, Nicolaou S. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma*. 2004;57(2):288-95.
39. Dulchavsky SA, Schwarz KL, Kirkpatrick AW, Billica RD, Williams DR, Diebel LN, Campbell MR, Sargysan AE, Hamilton DR. Prospective evaluation of thoracic ultrasound in the detection of pneumothorax. *J Trauma*. 2001;50(2):201-5.
40. Stolz LA. Trauma. In: Panebianco NL, Rosario JE, Lema PC, Nagdev A, Shpilko M, editors. *Emergency Ultrasound Imaging Criteria Compendium - Originally approved April 2006, Revised October 2021: American College of Emergency Physicians; 2021*. p. 61-7. [Accessed 2023 April 10th]. Available from: <https://www.acep.org/patient-care/policy-statements/Emergency-Ultrasound-Imaging-Criteria-Compendium/>.
41. Brun PM, Bessereau J, Chenaitia H, Pradel AL, Deniel C, Garbaye G, Melaine R, Bylicki O, Lablanche C. Stay and play eFAST or scoop and run eFAST? That is the question! *Am J Emerg Med*. 2014;32(2):166-70.
42. Dinse-Lambracht A, Reithmeier E, Seibel A, Breikreutz R. E-FAST. In: Michels G, Jaspers N, editors. *Notfallsonographie*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2014. p. 27-37.
43. Bloom BA, Gibbons RC. *Focused Assessment with Sonography for Trauma*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.

44. Ianniello S, Di Giacomo V, Sessa B, Miele V. First-line sonographic diagnosis of pneumothorax in major trauma: accuracy of e-FAST and comparison with multidetector computed tomography. *Radiol Med*. 2014;119(9):674-80.
45. Montoya J, Stawicki SP, Evans DC, Bahner DP, Sparks S, Sharpe RP, Cipolla J. From FAST to E-FAST: an overview of the evolution of ultrasound-based traumatic injury assessment. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016;42(2):119-26.
46. Lobo V, Hunter-Behrend M, Cullnan E, Higbee R, Phillips C, Williams S, Perera P, Gharahbaghian L. Caudal Edge of the Liver in the Right Upper Quadrant (RUQ) View Is the Most Sensitive Area for Free Fluid on the FAST Exam. *West J Emerg Med*. 2017;18(2):270-80.
47. Blaivas M, DeBehnke D, Phelan MB. Potential errors in the diagnosis of pericardial effusion on trauma ultrasound for penetrating injuries. *Acad Emerg Med*. 2000;7(11):1261-6.
48. O'Brien KM, Stolz LA, Amini R, Gross A, Stolz U, Adhikari S. Focused Assessment With Sonography for Trauma Examination: Reexamining the Importance of the Left Upper Quadrant View. *J Ultrasound Med*. 2015;34(8):1429-34.
49. McGahan JP, Richards J, Gillen M. The focused abdominal sonography for trauma scan: pearls and pitfalls. *J Ultrasound Med*. 2002;21(7):789-800.
50. Kim TA, Kwon J, Kang BH. Accuracy of Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) in Blunt Abdominal Trauma. *Emerg Med Int*. 2022;2022:8290339.
51. Becker A, Lin G, McKenney MG, Marttos A, Schulman CI. Is the FAST exam reliable in severely injured patients? *Injury*. 2010;41(5):479-83.
52. Lee BC, Ormsby EL, McGahan JP, Melendres GM, Richards JR. The utility of sonography for the triage of blunt abdominal trauma patients to exploratory laparotomy. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;188(2):415-21.
53. Stengel D, Leisterer J, Ferrada P, Ekkernkamp A, Mutze S, Hoenning A. Point-of-care ultrasonography for diagnosing thoracoabdominal injuries in patients with blunt trauma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;12:CD012669.
54. Fasseaux A, Pès P, Steenebruggen F, Dupriez F. Are seminal vesicles a potential pitfall during pelvic exploration using point-of-care ultrasound (POCUS)? *Ultrasound J*. 2021;13(1):14.
55. Desai N, Harris T. Extended focused assessment with sonography in trauma. *BJA Educ*. 2018;18(2):57-62.

56. Khosravian K, Boniface K, Dearing E, Drake A, Ogle K, Pyle M, Frasure SE. eFAST exam errors at a level 1 trauma center: A retrospective cohort study. *Am J Emerg Med.* 2021;49:393-8.
57. Richards JR, McGahan JP. Focused Assessment with Sonography in Trauma (FAST) in 2017: What Radiologists Can Learn. *Radiology.* 2017;283(1):30-48.
58. Sirlin CB, Casola G, Brown MA, Patel N, Bendavid EJ, Deutsch R, Hoyt DB. Use of blunt abdominal trauma: importance of free pelvic fluid in women of reproductive age. *Radiology.* 2001;219(1):229-35.
59. Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. Recommended Guidelines for Diagnostics and Therapy in Trauma Surgery. *Eur J Trauma.* 2001;27:137-50.
60. Wilkerson RG, Stone MB. Sensitivity of bedside ultrasound and supine anteroposterior chest radiographs for the identification of pneumothorax after blunt trauma. *Acad Emerg Med.* 2010;17(1):11-7.
61. Traub M, Stevenson M, McEvoy S, Briggs G, Lo SK, Leibman S, Joseph T. The use of chest computed tomography versus chest X-ray in patients with major blunt trauma. *Injury.* 2007;38(1):43-7.
62. Ianniello S, Piccolo CL, Trinci M, Ajmone Cat CA, Miele V. Extended-FAST plus MDCT in pneumothorax diagnosis of major trauma: time to revisit ATLS imaging approach? *J Ultrasound.* 2019;22(4):461-9.
63. Yoong S, Kothari R, Brooks A. Assessment of sensitivity of whole body CT for major trauma. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery.* 2019;45(3):489-92.
64. Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, Frankel HL, Davis TP, Wang D, Champion HR. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. *J Trauma.* 1995;39(3):492-8.
65. Wurmb TE, Frühwald P, Hopfner W, Keil T, Kredel M, Brederlau J, Roewer N, Kuhnigk H. Whole-body multislice computed tomography as the first line diagnostic tool in patients with multiple injuries: the focus on time. *J Trauma.* 2009;66(3):658-65.
66. Boehm T, Alkadhi H, Schertler T, Baumert B, Roos J, Marincek B, Wildermuth S. [Application of multislice spiral CT (MSCT) in multiple injured patients and its effect on diagnostic and therapeutic algorithms]. *Rofo.* 2004;176(12):1734-42.
67. Loupatatzis C, Schindera S, Gralla J, Hoppe H, Bittner J, Schröder R, Srivastav S, Bonel HM. Whole-body computed tomography for multiple traumas using a triphasic injection protocol. *Eur Radiol.* 2008;18(6):1206-14.

68. Nguyen D, Platon A, Shanmuganathan K, Mirvis SE, Becker CD, Poletti PA. Evaluation of a single-pass continuous whole-body 16-MDCT protocol for patients with polytrauma. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;192(1):3-10.
69. Kahn J, Kaul D, Böning G, Rotzinger R, Freyhardt P, Schwabe P, Maurer MH, Renz DM, Streitparth F. Quality and Dose Optimized CT Trauma Protocol - Recommendation from a University Level-I Trauma Center. *Rofo*. 2017;189(9):844-54.
70. Lawson CM, Daley BJ, Ormsby CB, Enderson B. Missed injuries in the era of the trauma scan. *J Trauma*. 2011;70(2):452-6.
71. Stengel D, Ottersbach C, Matthes G, Weigeldt M, Grundei S, Rademacher G, Tittel A, Mutze S, Ekkernkamp A, Frank M, Schmucker U, Seifert J. Accuracy of single-pass whole-body computed tomography for detection of injuries in patients with major blunt trauma. *CMAJ*. 2012;184(8):869-76.
72. Beck A, Bischoff M, Gebhard F, Huber-Lang M, Kinzl L, Schmelz A. Apparative Diagnostik im Schockraum. *Der Unfallchirurg*. 2004;107(10):862-70.
73. Jiang L, Ma Y, Jiang S, Ye L, Zheng Z, Xu Y, Zhang M. Comparison of whole-body computed tomography vs selective radiological imaging on outcomes in major trauma patients: a meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2014;22:54.
74. Caputo ND, Stahmer C, Lim G, Shah K. Whole-body computed tomographic scanning leads to better survival as opposed to selective scanning in trauma patients: a systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;77(4):534-9.
75. Chidambaram S, Goh EL, Khan MA. A meta-analysis of the efficacy of whole-body computed tomography imaging in the management of trauma and injury. *Injury*. 2017;48(8):1784-93.
76. Sierink JC, Treskes K, Edwards MJ, Beuker BJ, den Hartog D, Hohmann J, Dijkgraaf MG, Luitse JS, Beenen LF, Hollmann MW, Goslings JC, REACT-2 study group. Immediate total-body CT scanning versus conventional imaging and selective CT scanning in patients with severe trauma (REACT-2): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2016;388(10045):673-83.
77. Giannakopoulos GF, Saltzherr TP, Beenen LF, Reitsma JB, Bloemers FW, Goslings JC, Bakker FC. Missed injuries during the initial assessment in a cohort of 1124 level-1 trauma patients. *Injury*. 2012;43(9):1517-21.
78. Zehtabchi S, Sinert R, Goldman M, Kapitanyan R, Ballas J. Diagnostic performance of serial haematocrit measurements in identifying major injury in adult trauma patients. *Injury*. 2006;37(1):46-52.

79. Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, Duranteau J, Filipescu D, Hunt BJ, Komadina R, Maegele M, Nardi G, Riddez L, Samama CM, Vincent JL, Rossaint R. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Crit Care*. 2019;23(1):98.
80. Baxter J, Cranfield KR, Clark G, Harris T, Bloom B, Gray AJ. Do lactate levels in the emergency department predict outcome in adult trauma patients? A systematic review. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016;81(3):555-66.
81. Maurer MH, Winkler A, Wichlas F, Powerski MJ, Elgeti F, Huppertz A, Röttgen R, Marnitz T. Costs and role of ultrasound follow-up of polytrauma patients after initial computed tomography. *Rofo*. 2012;184(1):53-8.
82. Geyer LL, Körner M, Linsenmaier U, Wirth S, Reiser MF, Meindl T. The role of follow-up ultrasound and clinical parameters after abdominal MDCT in patients with multiple trauma. *Acta Radiol*. 2014;55(4):486-94.
83. Wilckens HH. Evaluation der Notwendigkeit einer abdominellen Kontroll-Sonographie von polytraumatisierten Patienten mit einer intraabdominellen Organverletzung und/oder freier abdomineller Flüssigkeit in der Initialen Computertomographie. Inauguraldissertation Justus-Liebig-Universität Gießen. 2017. http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2018/13692/pdf/WilckensHans_Hinrich_2018_06_18.pdf, (accessed 11 June 2019).
84. Schneck E, Koch C, Borgards M, Reichert M, Hecker A, Heiß C, Padberg W, Alexandre-Lafont E, Röhrig R, Krombach GA, Weigand M, Bernhard M, Roller FC. Impact of Abdominal Follow-Up Sonography in Trauma Patients Without Abdominal Parenchymal Organ Lesion or Free Intraabdominal Fluid in Whole-Body Computed Tomography. *Rofo*. 2017;189(2):128-36.
85. Hollerweger A, Maconi G, Ripolles T, Nylund K, Higginson A, Serra C, Dietrich CF, Dirks K, Gilja OH. Gastrointestinal Ultrasound (GIUS) in Intestinal Emergencies - An EFSUMB Position Paper. *Ultraschall Med*. 2020;41(6):646-57.
86. Del Gaizo AJ, Lall C, Allen BC, Leyendecker JR. From esophagus to rectum: a comprehensive review of alimentary tract perforations at computed tomography. *Abdom Imaging*. 2014;39(4):802-23.
87. Furukawa A, Sakoda M, Yamasaki M, Kono N, Tanaka T, Nitta N, Kanasaki S, Imoto K, Takahashi M, Murata K, Sakamoto T, Tani T. Gastrointestinal tract perforation: CT diagnosis of presence, site, and cause. *Abdom Imaging*. 2005;30(5):524-34.

88. Su YC, Ou CY, Yang TH, Hung KS, Wu CH, Wang CJ, Yen YT, Shan YS. Abdominal pain is a main manifestation of delayed bleeding after splenic injury in patients receiving non-operative management. *Sci Rep.* 2022;12(1):19871.
89. Prokop A, Koll S, Chmielnicki M. [Secondary Splenic Rupture after Initially Inconspicuous CAT Scan]. *Z Orthop Unfall.* 2016;154(2):181-3.
90. Scheyerer MJ, Schoenborn V, Andreisek G, Wanner GA, Werner CM, Simmen HP. [Delayed splenic rupture 13 days post-trauma after initially inconspicuous computed tomography examination]. *Unfallchirurg.* 2013;116(6):559-62.
91. Romeo L, Andreotti D, Lacavalla D, Ferro S, Tondo M, Salviato E, Occhionorelli S. Delayed Rupture of a Normal Appearing Spleen After Trauma: Is Our Knowledge Enough? Two Case Reports. *Am J Case Rep.* 21. United States 2020. p. e919617.
92. Suda AJ, Baran K, Brunnemer S, Köck M, Obertacke U, Eschmann D. Delayed diagnosed trauma in severely injured patients despite guidelines-oriented emergency room treatment: there is still a risk. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022;48(3):2183-8.
93. Dolabella Portella R, Graef F, Walter-Rittel T, Märdian S, Hamm B, Baur ADJ, Lerchbaumer MH. Tertiary survey ultrasound has no diagnostic benefit in trauma patients without abdominal injuries on standardised initial whole-body computed tomography. *Eur J Radiol.* 2021;144:109977.
94. Niemann M, Märdian S, Niemann P, Tetteh L, Tsitsilonis S, Braun KF, Stöckle U, Graef F. Transforming the German ICD-10 (ICD-10-GM) into Injury Severity Score (ISS)-Introducing a new method for automated re-coding. *PLoS One.* 2021;16(9):e0257183.
95. Clark DE, Black AW, Skavdahl DH, Hallagan LD. Open-access programs for injury categorization using ICD-9 or ICD-10. *Inj Epidemiol.* 2018;5(1):11.
96. Zhang Z, Hong Y, Liu N, Chen Y. Diagnostic accuracy of contrast enhanced ultrasound in patients with blunt abdominal trauma presenting to the emergency department: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2017;7(1):4446.

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Rafael Francesco Dolabella Portella, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Stellenwert der routinemäßigen Kontrollsonographie (Re-FAST) bei Traumapatientinnen und -patienten ohne abdominelle Verletzung in der Ganzkörper-CT“ – „Role of routine follow-up sonography (Re-FAST) in trauma patients without abdominal injury on whole-body CT“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Anteilserklärung an den erfolgten Publikationen

Rafael Francesco Dolabella Portella hatte folgenden Anteil an der folgenden Publikation:

Dolabella Portella R, Graef F, Walter-Rittel T, Märdian S, Hamm B, Baur ADJ, Lerchbaumer MH. Tertiary survey ultrasound has no diagnostic benefit in trauma patients without abdominal injuries on standardised initial whole-body computed tomography. Eur J Radiol. 2021 Nov;144:109977. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109977. Epub 2021 Sep 27. PMID: 34598014.

Studienkonzeption inkl. Definition von Ein- und Ausschlusskriterien zusammen mit den Betreuern PD Dr. med. Alexander Baur und Dr. med. Markus Lerchbaumer.

Formulierung des Ethikantrages zusammen mit den Betreuern.

Datenerhebung aus RIS/PACS und KIS in Excel-Tabelle nach Anleitung durch die Betreuer.

Datenerhebung der relevanten Diagnosen aus dem KIS für die Berechnung des ISS unter Supervision von Dr. med. Frank Graef.

Umkodierung der relevanten Diagnosen vom ICD-10 GM in ICD-10 CM für die automatisierte Berechnung des ISS unter Supervision von Dr. med. Frank Graef.

Statistische Auswertung mit Dr. med. Markus Lerchbaumer mittels SPSS.

Erstellen der Abbildung und Tabellen zur Publikation unter Supervision der Betreuer.

Verfassung des Manuskripts zur Veröffentlichung unter Supervision der Betreuer.

Korrespondenz mit und Einarbeitung der Anmerkungen zum Manuskript von Co-Autoren.

Formatierung des Manuskripts für die Publikation, Einreichung des Manuskripts bei mehreren Journalen und Anpassung des Manuskripts unter Berücksichtigung der Kommentare von Reviewern Im Rahmen des Peer-Review Prozesses zusammen mit den Betreuern.

Unterschrift, Datum und Stempel des erstbetreuenden Hochschullehrers

Unterschrift des Doktoranden

Druckexemplar der Publikation

Dolabella Portella R, Graef F, Walter-Rittel T, Märdian S, Hamm B, Baur ADJ, Lerchbauer MH. Tertiary survey ultrasound has no diagnostic benefit in trauma patients without abdominal injuries on standardised initial whole-body computed tomography. *Eur J Radiol.* 2021 Nov;144:109977. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109977. Epub 2021 Sep 27. PMID: 34598014.

Die Publikation ist online einsehbar unter folgendem Link, oder auf Anfrage vom Erstautor erhältlich: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109977>

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Komplette Publikationsliste

Artikel in Fachzeitschrift:

Dolabella Portella R, Graef F, Walter-Rittel T, Märdian S, Hamm B, Baur ADJ, Lerchbauer MH. Tertiary survey ultrasound has no diagnostic benefit in trauma patients without abdominal injuries on standardised initial whole-body computed tomography. *Eur J Radiol.* 2021 Nov;144:109977. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109977. Epub 2021 Sep 27. PMID: 34598014.

Postervortrag:

Dolabella Portella R, Graef F, Walter-Rittel T, Märdian S, Hamm B, Baur ADJ, Lerchbauer MH. Follow-Up Ultraschall zeigt keinen zusätzlichen Nutzen bei polytraumatisierten Patienten ohne abdominelle Verletzung in der Ganzkörper-CT. Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2021). Berlin, 26.-29.10.2021. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2021. DocAB92-236 (AB92-236). <https://dx.doi.org/10.3205/21dkou652>

Danksagung

Ich danke meinen Betreuern PD Dr. med. Alexander Baur, PD Dr. med. Dr. med. univ. Markus Lerchbaumer und Prof. Dr. med. Thomas Fischer für die Überlassung des Themas sowie hervorragende Betreuung während des gesamten Promotionsvorhabens.