

# Protokollempfehlungen der AG Bildgebende Verfahren des Bewegungsapparats (AG BVB) zur Ganzkörper-CT mehrfach verletzter bzw. polytraumatisierter Patienten



AG Bildgebende Verfahren des Bewegungsapparates  
in der Deutschen Röntgengesellschaft

## Einleitung

Die AG Bildgebende Verfahren des Bewegungsapparates der Deutschen Röntgengesellschaft (AG BVB) erarbeitet zu allen wesentlichen Untersuchungen der muskuloskelettalen Radiologie Protokollempfehlungen, die ein qualitativ hochwertiges Untersuchungsergebnis und einen aussagekräftigen Befund gewährleisten und dabei die Erfordernisse der Routine in der Klinik und in der niedergelassenen Radiologie berücksichtigen.

Die Ganzkörper-CT (GKCT) fand in den letzten 10 Jahren eine stetig zunehmende Verbreitung. Laut dem Jahresbericht des TraumaRegister DGU erhielten im Jahr 2014 76% aller in das TraumaRegister DGU eingegebenen Primär-Patienten (n = 28 177) eine Diagnostik mittels GKCT [1].

Entsprechend wird die GKCT auch in der aktuell in Überarbeitung befindlichen, interdisziplinären S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ als primäres und frühzeitig einzusetzendes Diagnostikum verankert werden. Die hier vorliegenden CT-Protokolle zur GKCT beim Polytrauma verstehen sich als Ergänzung der S3-Leitlinie.

## Allgemeines

Als GKCT im Kontext der Traumaversorgung versteht man die CT-Darstellung maximal des ganzen Körpers von Vertex bis zur Planta pedis, mindestens aber von Vertex bis Tuber ischiadicum.

Wird im Rahmen von Einzelfallentscheidungen die durchgeführte Diagnostik durch das Schockraumteam auf CT-Darstellungen einzelner Körperregionen reduziert (Kopf/Hals oder Thorax/Abdomen/Becken), so entspricht dies im engeren Sinne nicht dem Begriff der GKCT.

Die Rahmenbedingungen für die Schockraumversorgung traumatisierter Patienten werden im Weißbuch Schwerverletztenversorgung DGU und der aktuell in Überarbeitung befindlichen S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ formuliert. Hier ist insbesondere die räumliche Nähe zwischen Schockraum und CT als wichtiger Faktor für eine effiziente Versorgung hervorzuheben (Optimum: Schockraum = CT-Raum). In Traumazentren gehört der Radiologe (Facharzt oder Weiterbildungsassistent) zum Basisteam bei der Schockraumversorgung.

Um diese Vorgaben möglichst gut umzusetzen und die multiplen Einflussfaktoren aus den diversen, beteiligten Fachrichtungen zu berücksichtigen, muss jede Klinik einen internen, interdisziplinären Konsens finden und als Klinikstandard für die Schockraumversorgung formulieren [2, 3].

## Indikationsstellung/Triage

Die in ► **Tab. 1** aufgeführten Kriterien werden nach alter und neuer S3-Leitlinie bzw. Weißbuch DGU herangezogen, um zu entscheiden, ob durch den einweisenden Notarzt bei einem Traumapatienten das Schockraumteam alarmiert werden sollte. Bisher werden diese Kriterien im weiteren Verlauf der Schockraumversorgung auch häufig als Indikationskriterien zur Durchführung einer GKCT herangezogen. Bei den unter Empfehlungsgrad A aufgeführten Kriterien ist die Diagnostik von traumatisierten Patienten mittels GKCT unstrittig. Bei den unter Empfehlungsgrad B aufgeführten Kriterien besteht die Gefahr, dass insbesondere bei Traumapatienten ohne klinische Beschwerden die GKCT im Sinne einer Screening-Untersuchung eingesetzt wird und eine erhebliche Rate an übertriagierten Patienten resultiert. In der Arbeit von Gupta et al. aus dem Jahr 2011 wurden

von 701 eingeschlossenen Patienten 600 mittels Ganzkörper-CT untersucht, wobei häufig anhand des Traumamechanismus über den Einsatz der GKCT entschieden wurde. Nur 20% dieser Patienten hatten einen ISS > 15 und waren damit Polytraumata. 80% der Patienten waren damit übertriagiert. Im Hinblick auf die relevante Strahlenexposition durch eine GKCT (25–30 mSv) ist der pauschalisierte Einsatz im Sinne eines Screenings kritisch zu bewerten [2–4].

## Indikationsgruppen

### Gruppe I – instabiler Patient

Bei klinisch offensichtlich mehrfach bzw. schwerstverletzten Patienten (Kriterien siehe ► **Tab. 1** – Empfehlungsgrad A) ist bei Traumapatienten die Diagnostik mittels frühzeitiger GKCT und einem ZEIT-optimierten Untersuchungsprotokoll (► **Abb. 1**) durchzuführen.

### Gruppe II – stabiler, klinisch untersuchbarer Patient

Bei wachen, kooperativen Patienten sollte im Verlauf der Schockraumversorgung nach körperlicher Untersuchung durch das Schockraumteam entschieden werden, ob mittels sequenzieller Diagnostik aus Projektionsradiografien, Sonografie und gezielten CTs vorgegangen werden kann oder ob eine GKCT indiziert ist. Als Kriterien für eine GKCT könnten die Kombination aus Traumamechanismus und klinischen Beschwerden in mindestens 2 verschiedenen Körperregionen herangezogen werden. Diese Patientengruppe sollte mit einem DOSIS-optimierten Protokoll (► **Abb. 2**) untersucht werden.

### Gruppe III – stabiler, klinisch nicht untersuchbarer Patient

Bei unklarem Traumamechanismus und intubiertem oder klinisch nicht evaluierbarem Patienten sollte im Regelfall die GKCT-Diagnostik mit einem DOSIS-optimierten Protokoll erfolgen.

► **Tab. 1** Kriterien zur Schockraumbehandlung.

### Kriterien zur Schockraumbehandlung nach S3-Leitlinie

#### Empfehlungsgrad A:

- a) Störung der Vitalparameter
  - systolischer Blutdruck unter 90 mmHg nach Trauma,
  - GCS unter 9 nach Trauma,
  - Atemstörungen/Intubationspflicht nach Trauma.
- b) Offensichtliche Verletzungen
  - penetrierende Verletzungen der Rumpf-/Hals-Region,
  - Schussverletzungen der Rumpf-/Hals-Region,
  - Frakturen von mehr als zwei proximalen Knochen,
  - instabiler Thorax,
  - instabile Beckenfraktur,
  - Amputationsverletzung proximal der Hände/Füße,
  - Verletzungen mit neurologischer Querschnittssymptomatik,
  - offene Schädelverletzung,
  - Verbrennung > 20 % von Grad ≥ 2b

#### Empfehlungsgrad B:

- c) Unfallmechanismus bzw. –konstellation
  - Sturz aus über drei Metern Höhe,
  - Verkehrsunfall (VU),
  - Frontalaufprall mit Intrusion von mehr als 50 – 75 cm,
  - Geschwindigkeitsveränderung von delta > 30 km/h,
  - Fußgänger-/Zweirad-Kollision,
  - Tod eines Insassen,
  - Ejektion eines Insassen.

Bei Nichtzutreffen eines der Kriterien aus a) und/oder b) ist der Unfallmechanismus c) zielführend für eine Schockraumversorgung.

## Erläuterung ZEIT- vs. DOSIS-optimierte Untersuchungsprotokolle

Bei schwerstverletzten Patienten müssen alle Maßnahmen im Schockraum eine höchstmögliche Zeiteffizienz besitzen. Dies sollte sich auch im Untersuchungsprotokoll am CT-Gerät widerspiegeln. Bei entsprechendem Design sind Untersuchungszeiten (Scout + Planung + Kontrastmittelinjektion (KM) + Scanzzeit) von weniger als 5 min unproblematisch möglich.

## Wichtige Aspekte für ein ZEIT-optimiertes Protokoll

- Akquisition eines langen Ganzkörper-Scouts (Topogramm, Surview, Scano-gramm) und daran Planung aller CT-Spiralen der kompletten Untersuchung.
- einfaches und schnell überschaubares/planbares Protokolldesign.
- Verzicht auf Gantry-Kippung beim cCT.
- Lagerung der Arme während der gesamten Untersuchung am Körper.
- Verzicht auf Bolus-Tracking und Verwendung fester KM-Delays. Dadurch ist eine zeitliche Überlappung der Bildak-

quisition des nativen cCT möglich, während bereits die KM-Instillation stattfindet. Daraus resultiert eine Verkürzung des Interscan-Delays.

- Automatisierte Errechnung der sekundären MPR durch das CT-Gerät und automatisierter Versand ans PACS.

Das DOSIS-optimierte Protokoll sollte als Standardprotokoll fungieren und ein Optimum aus adäquater Bildqualität und Strahlenexposition gemäß dem ALARA-Prinzip aufweisen. Die Untersuchungszeit hat hier aufgrund der vorab stattgefundenen Triagierung eine geringere Priorität als bei den schwerstverletzten Patienten.

## Wichtige Aspekte für ein DOSIS-optimiertes Protokoll

- Abgestimmte Akquisition der Scouts, um die volle Funktionstüchtigkeit der Dosismodulation des CT-Geräts zu garantieren.
- Verwendung der Dosismodulation des CT-Geräts für alle Einzel-Scans der Untersuchung.

- Wenn geräteseitig möglich Verwendung iterativer Rekonstruktionsalgorithmen.
- Gantry-Kippung beim cCT.
- Umlagerung der Arme während der Untersuchung. (Vorab zwingend Bodycheck erforderlich! Bei Verdacht auf Verletzungen im Bereich der Arme wird (werden) der (die) Arm(e) nicht umgelagert).
- Ggf. optimiertes KM-Regime mit Bolus-Tracking.

## Lagerung

Die Lagerung des Patienten auf dem CT-Tisch (Head-first vs. Feet-first) ist vorrangig abhängig von räumlichen Gegebenheiten (z. B. Anästhesie-Arbeitsplatz) und sollte jeweils kliniksintern als interdisziplinärer Konsens festgelegt werden. Abhängig davon erfolgt das weitere Protokolldesign.

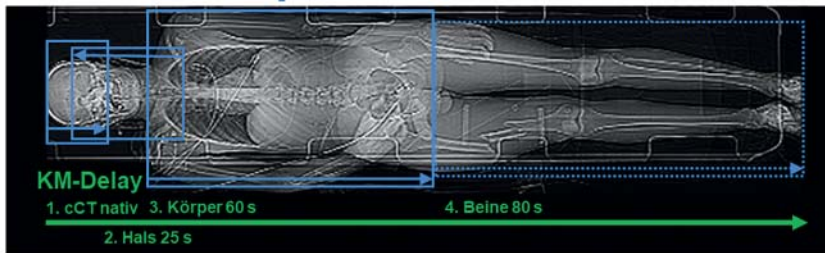
Die Lagerung der Arme ist als wesentlicher Einflussfaktor auf Untersuchungszeit, Strahlenexposition und Bildqualität bekannt.

Ob die Durchführung der GKCT mit dem Patienten auf den Lagerungsmitteln des Rettungsdienstes (Vakuummattmatratze bzw. Spine-Board) oder vorheriger Umlagerung auf hauseigene Lagerungsmittel stattfindet, muss als jeweiliger, klinikinterner Standard festgelegt werden. Wichtig ist hier vor allem das Risiko von Artefakten durch die verschiedenen Lagerungshilfen.

Gemäß dem weiter oben skizzierten, klinisch adaptierten Vorgehen, sollte bei einem Schwerstverletzten ZEIT-optimiert vorgegangen werden (Lagerung der Arme am Körper). In allen übrigen Fällen sollte DOSIS-optimiert, mit Umlagerung der Arme über den Kopf, untersucht werden. Besteht jedoch der Verdacht auf Verletzungen eines Arms bzw. beider Arme, sollte auf die Armumlagerung verzichtet werden, um Frakturdislokationen zu vermeiden. Auch die Umlagerung nur eines Armes verringert die Strahlenexposition bzw. verbessert die Bildqualität.

Werden beide Arme seitlich am Körper gelagert, treten typische, streifenförmige Artefakte in den dorsalen Körperpartien auf, die die Beurteilbarkeit zum Teil erheblich erschweren. Es sollte daher darauf ge-

## ZEIT-optimiertes Protokoll



### LANDMARKEN für Planung der Einzel-Scans:

Kopf-Scan: komplettes Neurokranium – ohne Gantrykipfung  
 Hals-Scan: Orbitadach – Aortenbogen  
 Body-Scan: Acromioclaviculargelenke – Sitzbein  
 Bein-Scan: ohne Überlappung ab Sitzbein

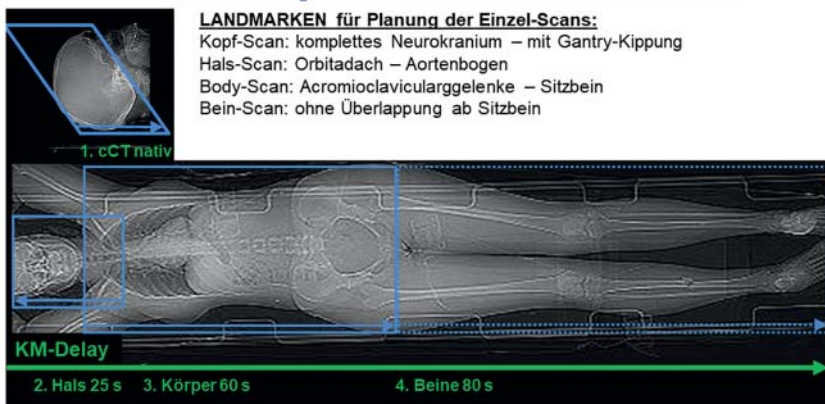
### Beispielhafter Ablauf:

1. Ganzkörper-Scout
2. Kopf-Spirale (Scanzeit ca. 6s)
3. Interscan-Delay (ca. 19s)
4. Hals-Spirale (Scanzeit ca. 7s)
5. Interscan-Delay (ca. 28s)
6. Körper-Spirale (Scanzeit ca. 10s)
7. Interscan-Delay (ca. 5s)
8. Fakultative Bein-Spirale (Scanzeit ca. 12s)

© Stefan Reske

► **Abb. 1** Die Abbildung zeigt die räumlichen und zeitlichen Planungsschritte. Das Protokoll sichert ein optimiertes Verhältnis von erforderlicher Planungs- und Untersuchungszeit einerseits und Dosisbedarf andererseits.

## DOSIS-optimiertes Protokoll



### LANDMARKEN für Planung der Einzel-Scans:

Kopf-Scan: komplettes Neurokranium – mit Gantry-Kippung  
 Hals-Scan: Orbitadach – Aortenbogen  
 Body-Scan: Acromioclaviculargelenke – Sitzbein  
 Bein-Scan: ohne Überlappung ab Sitzbein

### Beispielhafter Ablauf cCT:

1. Scout für cCT
2. Kopf-Spirale (Scanzeit ca. 6s)
3. Pause mit Umlagerung der Arme über den Kopf

### Beispielhafter Ablauf Scans von Hals, Körper & Beinen:

1. Scout über gesamten Körper
2. Hals-Spirale (Scanzeit ca. 7s)
4. Interscan-Delay (ca. 28s)
5. Körper-Spirale (Scanzeit ca. 10s)
6. Interscan-Delay (ca. 5s)
7. Fakultative Bein-Spirale (Scanzeit ca. 12s)

© Stefan Reske

► **Abb. 2** Die Planungsschritte berücksichtigen Dosisoptimierungen unter Nutzung aller dosisrelevanter Einflussgrößen. Wichtig ist, dass zur optimalen Nutzung der automatisierten Dosismodulationstechniken die Akquisitionen der Einzelscouts exakt eingehalten werden.

achtet werden, diese im Ellenbogengelenk überkreuzt vor dem Thorax zu lagern. Alternativen sind:

- a) einen Arm schräg auf dem Thorax und dem Abdomen zur Gegenseite geführt

und den anderen Arm laterodorsal unter Flanke/dem Gesäß oder

- b) beide Arme im Ellenbogengelenk gebeugt auf einem Kissen über dem Thorax.

Vor Untersuchungsbeginn sollte auch die Lage der diversen Monitorkabel und anderer Utensilien überprüft werden, da es sonst zu massiven Metallartefakten kommen kann. Hierbei ist insbesondere der Scout zur Detektion entsprechender Ursachen hilfreich [5 – 7].

## Kontrastmittel

Grundvoraussetzung für eine KM-gestützte CT ist eine ausreichende Kreislauffunktion. CT-Untersuchungen unter Reanimation sind sowohl aufgrund von Bewegungsartefakten als auch aus Gründen der Strahlenshygiene für das Personal nicht sinnvoll und zu unterlassen.

CT-Untersuchungen post mortem unterliegen der Verantwortung der Rechtsmedizin und sind nicht Aufgabe der diagnostischen Radiologie.

Für die KM-Instillation ist die Verwendung eines automatischen KM-Injektors zu empfehlen. Hierbei stehen unterschiedliche Herangehensweisen zur Verfügung.

- a) Verwendung fester KM-Delays – insbesondere für ein ZEIT-optimiertes Protokoll empfehlenswert.
- b) Verwendung von Bolus-Tracking für das optimale Phasen-Timing – sollte nur in einem DOSIS-optimierten Protokoll verwendet werden.
- c) Split-Bolus-Protokolle mit Kontrastierung sowohl des venösen, als auch arteriellen Gefäßsystems werden zunehmend in Studien untersucht und sind eine vielversprechende Variante insbesondere bei einem Design mit nur einem Scan von Thorax/Abdomen/Becken [8].

## Scan-Abschnitte

Auf der einen Seite ist es aus Dosisgründen wünschenswert, so wenige Scans wie möglich durchzuführen und diese so wenig wie möglich überlappen zu lassen. Andererseits sind bei der Darstellung der unterschiedlichen Körperregionen sowohl unterschiedliche anatomische Aspekte (unterschiedliche Strahlentransparenz von z. B. Schädelkalotte, Hals, Schultergürtel, Thorax, Abdomen/Becken oder Beinen) zu beachten als auch

die unterschiedliche KM-Perfusion der unterschiedlichen Körperregionen.

Protokollvorschlag (siehe hierzu auch beiliegende Abbildungen):

1. Scan: Native cCT über das komplette Neurokranium  
Ausschluss intrakranieller Blutungen/Verletzungen und Frakturen des Schädels
2. Scan: KM-gestützte, arterielle CT-Angiografie von Orbitadach bis Aortenbogen  
Frakturausschluss Mittelgesicht und HWS sowie Ausschluss von Verletzungen der supraaortalen Gefäße
3. Scan: KM-gestützte CT von Thorax/Abdomen/Becken in venöser Phase (kompletter Schultergürtel bis Sitzbein)  
Ausschluss von Verletzungen des Körperstamms
4. Scan: fakultativer Scan der Beine falls seitens Unfallchirurgie bei klinischem Verdacht auf substanzielle Verletzungen der Beine gewünscht, direkt im Anschluss an den Körper-Scan

Dieses abgestufte Vorgehen ermöglicht eine geräteseitig auf die jeweilige Körperregion optimierte Datenakquisition (hier insbesondere die dezidierte Einstellung der Dosismodulation, siehe auch folgender Abschnitt) und hilft so, Bildqualität und Strahlenexposition der Untersuchung auf hohem Level zu optimieren.

In jedem Falle obliegt es dem diensthabenden Radiologen in Rahmen von Einzelfallentscheidungen vom Standardprotokoll abzuweichen, um auf spezielle Fragestellungen gezielt eingehen zu können oder in Abhängigkeit von der klinischen Situation des Patienten im Konsens des Schockraumteams auf einzelne Scans zu verzichten.

## Geräteeinstellung

Aufgrund der Heterogenität der in Deutschland vorliegenden Geräteausstattungen und der teils deutlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Herstellern kann die vorliegende Ausarbeitung in Hinblick auf die Geräteeinstellungen (Röhrenspannung, Rotationszeit etc.) keine dezidierten Untersuchungsprotokolle vorschlagen.

Hierzu sind durch den jeweils verantwortlichen Arzt zusammen mit den Applikationsmanagern des jeweiligen Herstellers eigenverantwortlich Untersuchungsprotokolle zu entwerfen, die

- die jeweiligen Spezifika der Klinik (Ablauf Schockraumversorgung, Lagerung, Lagerungsmittel etc.),
- die Spezifika des zur Verfügung stehenden CT-Geräts (Dosismodulation, iterative Rekonstruktionen, Röhrenspannung, FOV, Scan-Richtung etc.) und
- die gewünschten Scan-Abschnitte unter Berücksichtigung der KM-Phasen vereinbaren.

Stehen am CT-Gerät Programme zur Dosismodulation und iterative Rekonstruktionsalgorithmen zur Verfügung, so sollten diese eingesetzt werden.

Eine wichtige Einflussgröße ist die Röhrenspannung, mit der die Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlung beeinflusst werden kann. So kann durch Erhöhung der Röhrenspannung die Artefaktlast teils deutlich reduziert werden. Wird seitens des Geräts nicht automatisch oder seitens des Anwenders händisch der Röhrenstrom kompensatorisch reduziert, kann daraus jedoch eine teils deutlich erhöhte Strahlenexposition resultieren.

Die Erhöhung der Röhrenspannung ist in Erwägung zu ziehen bei:

- extrem adipösen Patienten
- bei Lagerung der Arme am Körper, insbesondere bei adipösen oder sehr muskulösen Patienten
- bei größeren metallischen Implantaten (Totalendoprothesen)

## Rekonstruktion

Bezugnehmend auf die oben empfohlenen Scan-Abschnitte werden im Folgenden Vorschläge zur sekundären Bildrekonstruktion aufgezählt.

1. Scan – cCT  
5 mm – axiale Primärakquisition – Hirnparenchym-Faltungskern (FK)  
4 mm – sekundär, orbitomeatal gewinkelte MPR – Hirnparenchym-FK  
2 mm – sekundäre MPR in 3 Ebenen – Knochen-FK

2. Scan – Hals  
2 mm – axiale Primärakquisition – Hirnparenchym –FK  
1 mm – axiale MPR – Knochen-FK  
2 mm – sekundäre MPR koronar und sagittal – Knochen-FK
3. Scan – Körper  
5 mm – axiale Primärakquisition – kantenangehobener Weichteil-FK  
3 mm – sekundäre MPR koronar und sagittal – Knochen-FK
4. Fakultativer Scan – Beine  
5 mm – axiale Primärakquisition – kantenangehobener Weichteil-FK  
3 mm – sekundäre MPR koronar und sagittal – Knochen-FK

## Komplikationen und Nachsorge

Möglicherweise vorbestehende Störungen verschiedener Organsysteme sind bei polytraumatisierten Patienten meist nicht eruierbar. Da es im Rahmen der Ganzkörper-CT zu einer Exposition mit iodiertem KM kommt, ist entsprechend auf die bekannten, KM-spezifischen Nebenwirkungen und Komplikationen einzugehen. Falls möglich ist durch den Radiologen während der Schockraumversorgung eine gezielte Kurzanamnese empfehlenswert. Die jeweilige, gezielte Nachbehandlung, der im Folgenden genannten Aspekte, ist durch die weiterbehandelnden Kollegen zu gewährleisten.

### Anaphylaxie

Bei bekannter KM-Allergie sollte eine Prämedikation erfolgen.

Bei Auftreten einer anaphylaktischen Reaktion ist entsprechend der aktuell gültigen Leitlinien zu therapieren.

### Nierenfunktionsstörung

Serumkreatinin und die glomeruläre Filtrationsrate sind im Schockraumlabor zu bestimmen und zu kontrollieren. Bei Auftreten einer KM-induzierten Nephropathie ist gemäß entsprechender Leitlinien zu therapieren.

### Schilddrüsenfunktionsstörung

Insbesondere in Jodmangelregionen ist mit einer erhöhten Inzidenz von Schilddrüsen-erkrankungen zu rechnen. Durch die im Rahmen der Notfallindikation durchgeführ-



te Exposition mit iodiertem KM besteht ein erhöhtes Risiko für schilddrüsenassoziierte Komplikationen (z. B. thyreotoxische Krise). Insbesondere die KM-induzierte Hyperthyreose kann bis zu 6 Wochen nach KM-Gabe auftreten.

Zur Diagnostik und Verlaufsbeurteilung sind TSH, fT3 und fT4 im Schockraumlabor zu bestimmen und im Verlauf zu kontrollieren.

### Extravasation

Bei Auftreten eines KM-Paravasats ist die Injektionsstelle zu kühlen, wenn möglich erhöht zu lagern und klinisch zu überwachen.

Braunschweig Rainer, Reske S., BG Klinikum Bergmannstrost Halle

### Korrespondenzadresse

Dr. Rainer Braunschweig  
v. Wedderkopstr. 2 – 4  
23 847 Steinhorst

### Literatur

- [1] TraumaRegister DGU®. Jahresbericht 2015. 2015 [http://www.traumaregister-dgu.de/file-admin/user\\_upload/traumaregister-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU-Jahresbericht\\_2015.pdf](http://www.traumaregister-dgu.de/file-admin/user_upload/traumaregister-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU-Jahresbericht_2015.pdf) Abgerufen am: 15.08.2016
- [2] Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. Weissbuch. Schwerverletztenversorgung (2. erweiterte Auflage, 2012). 2012 <http://www.dgu-online.de/qualitaet-sicherheit/schwererletzte/weissbuch-schwererletztenversorgung.html> Abgerufen am: 03.12.2014
- [3] AWMF. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwererletztenbehandlung. 2011 [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-019l\\_S3\\_Polytrauma\\_Schwererletzten-Behandlung\\_2015-01.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019l_S3_Polytrauma_Schwererletzten-Behandlung_2015-01.pdf) Abgerufen am: 15.08.2016
- [4] Gupta M, Schriger DL, Hiatt JR et al. Selective use of computed tomography compared with routine whole body imaging in patients with blunt trauma. *Ann Emerg Med* 2011; 58: 407–416.e15
- [5] Brink M, de Lange F, Oostveen LJ et al. Arm Raising at Exposure-controlled Multidetector Trauma CT of Thoracoabdominal Region: Higher Image Quality, Lower Radiation Dose. *Radiology* 2008; 249: 661–670
- [6] Karlo C, Gnannt R, Frauenfelder T et al. Whole-body CT in polytrauma patients: effect of arm positioning on thoracic and abdominal image quality. *Emerg Radiol* 2011; 18: 285–293
- [7] Loewenhardt B, Buhl M, Gries A et al. Radiation exposure in whole-body computed tomography of multiple trauma patients: bearing devices and patient positioning. *Injury* 2012; 43: 67–72
- [8] Yaniv G, Portnoy O, Simon D et al. Revised protocol for whole-body CT for multi-trauma patients applying triphasic injection followed by a single-pass scan on a 64-MDCT. *Clin Radiol* 2013; 68: 668–675