Kontrastmitteldosierung und Optimierungspotenzial in der CT

Petra Steffens, Nadine Aichbauer

Grundsätzlich wird bei CT-Untersuchungen empfohlen, die zu applizierende Kontrastmittelmenge über das Körpergewicht zu berechnen, wobei ebenfalls noch Protokolle mit fixen Kontrastmittelmengen angewendet werden. Im Folgenden werden berücksichtigungswürdige Aspekte im Zusammenhang mit einer Kontrastmittelapplikation aufgezeigt sowie Berechnungsmodelle zur Ermittlung der individuell benötigten Kontrastmittelmenge vorgestellt und diskutiert.

Einleitung

Eine 2019 von uns durchgeführte Untersuchung verfolgte die Fragestellung, inwieweit sich die Kontrastmittelanwendung bei abdominellen CT-Untersuchungen zwischen den einzelnen Instituten unterscheidet, wobei der Fokus auf der intravenösen Kontrastmittelapplikation lag. Es wurden Befragungen an verschiedenen Krankenanstalten und Instituten in Österreich und Deutschland durchgeführt. Die ermittelten Angaben bezogen sich auf einen normalgewichtigen Patienten mit ca. 70 kg Körpergewicht und einer normalen Nierenfunktion. Es zeigte sich, dass die verwendeten Kontrastmittel einen Jodgehalt von 300 bis maximal 400 mg Jod pro Milliliter aufwiesen. Demzufolge unterschieden sich die applizierten Kontrastmittelmengen. Um eine Vergleichbarkeit der verschiedensten Institute hinsichtlich der applizierten Jodmenge zu ermöglichen, wurden die angegebenen Kontrastmittelmengen auf die insgesamt applizierte Jodmenge in Gramm umgerechnet. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede in den verabreichten Gesamtjodmengen. Diese betrug im Mittel bei Abdomen-Becken-CT und bei Nieren- und Nebennieren-CT-Protokollen 32 g J (SD: 4,3; Range:26–39) bei Leber-CT-Protokollen 35,5 g J (SD: 5,9; Range: 28–48) und bei Pankreas-CT 33,5 g J (SD: 3,6; Range: 28–39).

Eine Optimierung der Kontrastmitteldosierung bzw. Standardisierung des benötigten Enhancements stellt eine Herausforderung dar, da diese von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird. Dies sind (▶ **Abb. 1**):

- patientenbezogene Faktoren,
- kontrastmittelabhängige Faktoren,
- untersuchungs- bzw. geräteabhängige Faktoren.

Patientenbezogene Faktoren

Ein gelungenes Kontrastmittelmanagement ist für die genaue Abklärung einer Fragestellung in der Zielregion essenziell. Aufgrund der Zunahme von CT-Untersuchungen, insbesondere bei Patienten mit höherem Lebensalter, sollten patientenbezogene Faktoren sowie der Allgemeinzustand bei einer geplanten Kontrastmitteluntersuchung stärker berücksichtigt werden. Zu den patientenbezogenen Faktoren zählen

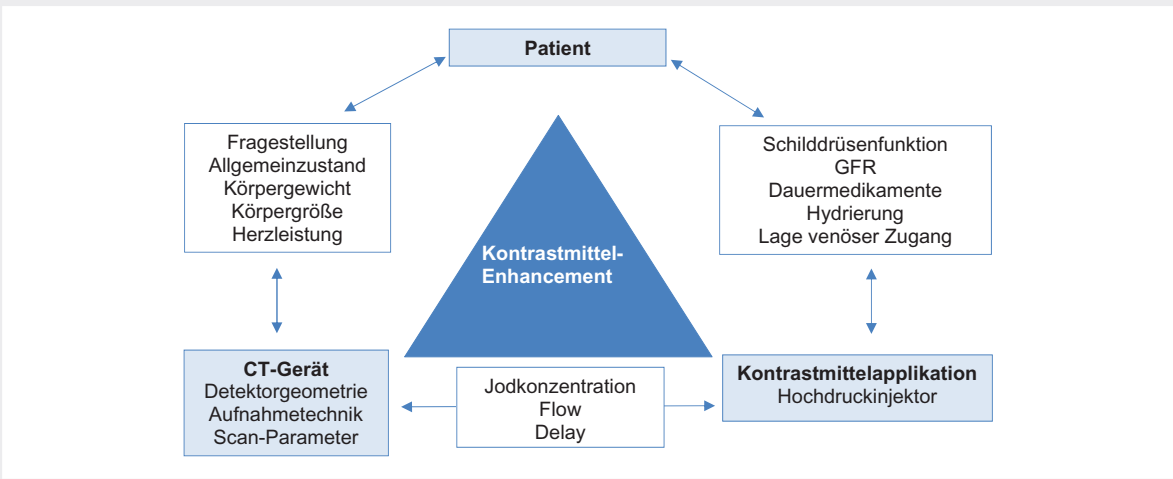
- Alter,
- Geschlecht,
- Gewicht,
- Größe und
- bestehende Grunderkrankungen, z. B.
  - kardiovaskuläre Erkrankungen,
  - Diabetes.

Der Allgemeinzustand, das Alter und die Körpergröße nehmen Einfluss auf die kardiale Auswurfleistung sowie das Blutvolumen.

Die kardiale Auswurfleistung (Herz-Zeit-Volumen, Cardiac Output) ist der bedeutendste patientenbezogene Einflussfaktor auf die Kontrastierung. In Ruhe beträgt das Herzminutenvolumen bei einem gesunden Erwachsenen etwa 4,5–5 l/min. Wenn die kardiale Auswurfleistung erniedrigt ist, kommt es zu einer langsameren Zirkulation und einem Kumulieren des Kontrastmittels in den Herzkammern. Daher muss bei unterschiedlicher kardialer Auswurfleistung eine Adaption der Kontrastmittelapplikation erfolgen.

Das Blutvolumen variiert in Abhängigkeit von Körpergröße und Gewicht. Bei gleicher kardialer Auswurfleistung ist bei einem höheren Blutvolumen (= höherem Körpergewicht) eine höhere Kontrastmitteldosis notwendig, da ein größeres vaskuläres Volumen gefüllt werden muss. Das Kontrastmittel wird während des First Pass durch die größere Blutmenge stärker verdünnt. Ein Ansatz zur Protokolloptimierung ist es, gewichtsabhängige

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.



▶**Abb. 1** Einflussgrößen auf die kontrastmittelverstärkte CT.

Untersuchungsprotokolle zu erstellen (z. B. S ≤ 55 kg; M 56–95 kg; L > 95 kg) [1],[2],[3],[4],[5],[6].

HINTERGRUNDWISSEN

First Pass

Erste Passage des i. v.-applizierten Kontrastmittels durch den Körper, bevor es wieder im rechten Vorhof eintrifft.

Merke

Die Stärke der arteriellen Kontrastierung wird durch die kardiale Auswurfleistung und das Blutvolumen bestimmt.

DEFINITION

Abkürzungen

BSA	Body Surface Area, bzw. Körperoberfläche
CDK-EPI	Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration
eGFR	(estimated) glomeruläre Filtrationsrate
eLBW	Estimated Lean Body Weight, bzw. geschätzte fettfreie Körpermasse
FFM	fettfreie Körpermasse
fT_3	freies Trijodthyronin
fT_4	freies Thyroxin
HU	Hounsfield Units bzw. Hounsfield-Einheiten
KG	Körpergewicht
PC-AKI	Post-contrast acute kidney injury bzw. kontrastmittelassoziierte akute Nierenschädigung
ROI	Region of Interest
sCr	Serumkreatinin
TBW	Total Body Weight, bzw. Gesamtkörpergewicht
TSH	Thyreoidea stimmulierndes Hormon
ZVK	zentraler Venenkatheter

Die Bestimmung der Nierenfunktion ist vor einer Kontrastmittelgabe essenziell, da jodhaltige Kontrastmittel nierengängig sind. Hierfür wird das Serumkreatinin (sCr) und die eGFR ermittelt, wobei der Laborbefund maximal 7 Tage alt sein soll. Die eGFR ist die berechnete (estimated) glomeruläre Filtrationsrate–das von den Glomeruli der Nieren filtrierte Volumen pro Zeiteinheit. Für die Berechnung der eGFR wird derzeit für Erwachsene > 18 Jahre die Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) Formel empfohlen, für Kinder die überarbeitete Schwartz-Formel (▶**Tab. 1**). Der Normalwert für die eGFR ist > 90 ml/

▶**Tab. 1** Ermittlung der eGFR anhand des Serumkreatininspiegels [7].

Patient	Formel
CKD-EPI-Formel*	
Frauen mit sCr < 62 µmol/l	$144 \times (sCr/62)^{-,0329} \times 0{,}993^{Alter}$
Frauen mit sCr > 62 µmol/l	$144 \times (sCr/62)^{-1,209} \times 0{,}993^{Alter}$
Männer mit sCr < 80 µmol/l	$141 \times (sCr/80)^{-0,411} \times 0{,}993^{Alter}$
Männer mit sCr > 80 µmol/l	$141 \times (sCr/80)^{-1,209} \times 0{,}993^{Alter}$
Überarbeitete Schwartz-Formel	
Kinder	36,5 × Körpergröße / sCr µmol/l

* Bei Patientinnen und Patienten mit afroamerikanischer Abstammung sind alle Formeln mit 1,159 zu multiplizieren.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

min/1,73 m^2. Bei nicht vitaler Indikation ist eine Kontrastmittelgabe bei einer eGFR < 30 ml / min/1,73 m^2 kontraindiziert [3],[7].

Schilddrüsenfunktion

Thyreotropin (thyreoideastimmulierendes Hormon, TSH), wird im Hypophysenvorderlappen gebildet und stimuliert die Hormonbildung in der Schilddrüse. Das freie Trijodthyronin (fT_3) und das freie Thyroxin (fT_4) werden von der Schilddrüse gebildet und beeinflussen in Form von Botenstoffen den Stoffwechsel. Die TSH-Bestimmung vor einer Kontrastmittelgabe ermöglicht eine Abschätzung, ob die Kontrastmittelgabe ein Risiko birgt. Zu beachten ist, dass die Referenzwerte von Labor zu Labor unterschiedlich sein können [2],[7],[8].

Venöser Zugang

Der venöse Zugang beträgt üblicherweise 18 G. Dabei sind jedoch nur Zugänge zu verwenden, die für die Hochdruckinjektion zugelassen sind. Ein zentraler Venenkatheter (ZVK) oder Portkathether sind nicht für die Hochdruckinjektion zugelassen. In der klinischen Praxis wird bei Bedarf jedoch Kontrastmittel appliziert–der Flow sollte bei einem Standard-ZVK maximal 2,5 ml/s betragen, bei Portkathetern 1,5 ml/s. Mit einem ZVK, der für Hochdruckinjektoren geeignet ist, können Flussraten bis zu 5 ml / s verwendet werden. Bei für die Hochdruckinjektion zugelassen Portkathetern hat der Patient einen Portpass. In diesem ist der maximal zulässige Flow vermerkt. Des Weiteren muss bei einem Portkatheter beachtet werden, dass dieser nur mit speziellen Portnadeln angestochen werden darf [3].

Merke

Mit entsprechender Vorsicht kann auch über einen ZVK oder über ein Portkathetersystem, das für die Hochdruckinjektion zugelassen ist, Kontrastmittel i. v. appliziert werden–ein Flow von 3 ml / s ist in den meisten Fällen ausreichend [3].

Von einem Paravasat wird gesprochen, wenn das i. v. verabreichte Kontrastmittel aus dem intravasalen Lumen austritt oder akzidentiell neben das Gefäß und somit in das nebenliegende Gewebe injiziert wird, wobei die Inzidenz zwischen 0,04–0,9 % liegt. Der Schweregrad der auftretenden Schäden ist von der paravasal applizierten Flüssigkeitsmenge abhängig, wobei Volumina bis zu 150 ml meist nur geringe Beschwerden verursachen (Ödeme). Bei schweren Schäden können

- Hautulzerationen,
- Weichteilnekrosen und
- ein Kompartmentsyndrom

auftreten. Bei Volumina ≥ 150 ml ist ein chirurgisches Konsil angeraten.

Risikofaktoren für das Auftreten von Paravasaten sind:

- Hochdruckinjektion–zu hohe Flussraten / zu großes Volumen,
- Schmerzäußerung nicht bzw. nur bedingt möglich,
- Adipositas,
- fragiler Gefäßstatus,
- pathologische Lymphsituation.

Therapeutisches Vorgehen

Betroffene Gliedmaßen hochlagern und kühlen (Eispackungen z. B. 3 x täglich für 3 Tage für jeweils 15–60 min bzw. bis keine Symptome mehr vorhanden sind). Ebenso hat sich das Auftragen von Heparinsalbe bei intakter Haut bewährt. Zusätzlich soll eine engmaschige Überwachung erfolgen. Bei Hinweis auf

- Durchblutungsstörungen,
- Parästhesien und
- zunehmenden Schmerzen

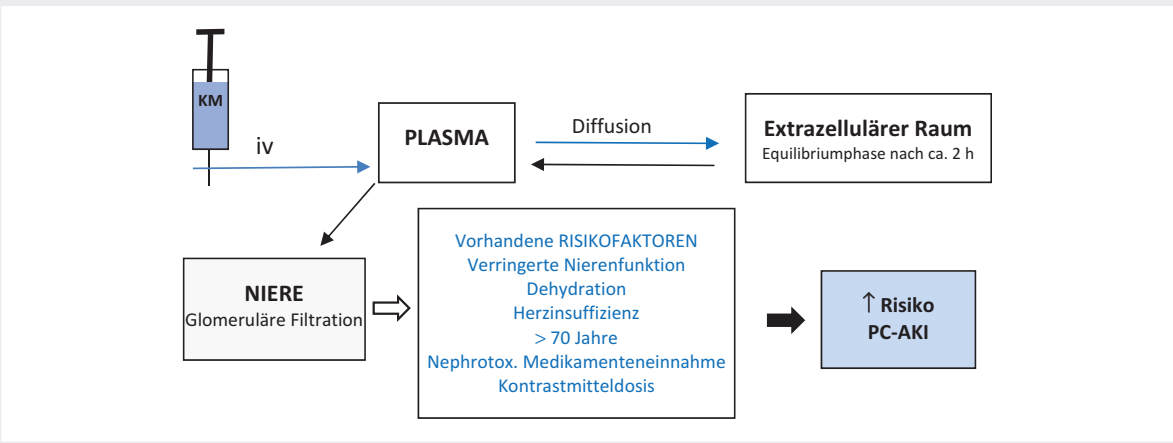
muss auch bei Mengen ≤ 150 ml ein chirurgisches Konsil erfolgen [7],[9],[10].

Kontrastmittelbedingte Faktoren

Zahlreiche jodhaltige Kontrastmittel sind sowohl für Kinder als auch für Erwachsene zugelassen. Jodhaltige Kontrastmittel werden nicht metabolisiert und können eine intakte Blut-Hirn-Schranke nicht passieren. Nach Kontrastmittelinjektion diffundieren ca. 70 % des Kontrastmittels innerhalb von 2–5 min vom Plasma in den extravaskulären interstitiellen Raum. Das Equilibriumstadium im extrazellulären Raum ist nach ca. 2 h erreicht. Die Biodistribution des Kontrastmittels in den intra- und extrazellulären Raum ist von der Körpergröße abhängig. Die Kontrastmittelkonzentration in parenchymatösen Organen ist abhängig vom extrazellulärem Flüssigkeits- und Plasmavolumen. Die Ausscheidung erfolgt überwiegend renal über die glomeruläre Filtration, die durch zahlreiche Faktoren beeinträchtigt sein kann, die das Risiko einer PC-AKI erhöhen (▶**Abb. 2**). Jodhaltige i. v. verbreichte Kontrastmittel sind bei normaler Nierenfunktion nach ca. 2 h zu 50 %, nach 4 h zu 75 % und nach 24 h nahe vollständig ausgeschieden. Ein kleiner Teil wird über das hepatobiliäre System und den Darm innerhalb von einigen Tagen ausgeschieden. Bei eingeschränkter Nierenfunktion erhöht sich die Eliminationshalbwertszeit [1],[3],[5],[6],[10].

Die Verträglichkeit des Kontrastmittels hängt vorwiegend von dessen physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie dessen Wasser- bzw. Fettlöslichkeit ab. Durch den Jodgehalt (Gramm Jod pro Milliliter, g J / ml) wird das Ausmaß der Strahlenabsorption und dadurch grundsätzlich der Kontrast festgelegt. Das bedeutet, dass dasselbe Kontrastmittelvolumen bei niedriger Jodkonzentration zu geringeren Kontrastierungen als bei hohen Jodkonzentrationen führt.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.



▶ **Abb. 2** Schematische Darstellung der Distribution und der Elimination eines Kontrastmittels.

Die Viskosität (mPa s) beschreibt die innere Reibung einer Flüssigkeit. Je höher die Anzahl und die Größe der gelösten Teilchen sind, desto höher ist die Viskosität und somit die Reibung. Die Viskosität verändert sich temperaturabhängig–bei 20 °C höher als bei 37 °C. Deshalb sollten auf Körpertemperatur erwärmte Kontrastmittel verabreicht werden. Folgen einer hohen Viskosität sind:

- Schwierigkeiten bei Injektionen mit hohem Flow;
- erniedrigter Blutfluss in der Mikrozirkulation.

Merke

Die Viskosität ist temperaturabhängig und beeinflusst die Fließeigenschaften.

Als Osmolalität (osmol / kg H_2O) wird die Anzahl der osmotisch wirksamen gelösten Teilchen pro Kilogramm einer Flüssigkeit bezeichnet. Niederosmolale Kontrastmittel (290–960 mosmol / kg H_2O) führen zu deutlich weniger Nebenwirkungen als hochosmolale, was durch die Viskosität und die elektrische Ladung eines Kontrastmittels verdeutlicht wird. Ionische Kontrastmittel sind elektrisch geladen und haben eine höhere Osmolalität als Blut. Diese können Gefäßschmerzen, Endothelschäden bis hin zu Thrombosen hervorrufen, da dem extravasalen Raum Wasser entzogen wird. Die Flüssigkeitsverschiebung vom intrazellulären Raum in den extrazellulären Raum führt zu einer Zelldehydration und erhöht die intrazelluläre Flüssigkeitsviskosität, was sich nachteilig auf die Zellfunktion auswirkt. Nicht ionische Kontrastmittel verhalten sich niederosmolal und sind somit besser verträglich als ionische Verbindungen und werden deshalb in den ESUR-Guidelines für die Anwendung empfohlen [1],[7],[8],[9],[10].

HINTERGRUNDWISSEN

Jodgehalt

Je höher der Jodgehalt eines Kontrastmittels ist, desto höher ist auch die Osmolalität. Die Osmolalität beeinflusst die Kontrastmittelverträglichkeit. Zur i. v.-Applikation werden nicht ionische, niederosmolale Kontrastmittel mit niedriger Viskosität verwendet.

Unerwünschte Wirkungen

Trotz der guten Verträglichkeit moderner Kontrastmittel kann es in seltenen Fällen vorkommen, dass unerwünschte Wirkungen auftreten.

Bedeutung der Nierenfunktion

Nierengängige Kontrastmittel können vor allem an vorgeschädigten Nieren tubulotoxisch wirken. Durch die Kontrolle

- der Nierenfunktion,
- die Verwendung von niederosmolalen, nicht ionischen Kontrastmitteln,
- ausreichende Flüssigkeitszufuhr vor und nach Kontrastmittelapplikation sowie
- das Reduzieren der Kontrastmitteldosis

kann das Risiko einer PC-AKI gesenkt werden.

Laut aktuellen ESUR-Empfehlungen soll bei Risikopatienten (eGFR = 30–45 ml / min) eine präventive Hydrierung durch eine i. v.-Gabe von physiologischer Kochsalz- oder Natriumbikarbonatlösung erfolgen. Bisher fehlt die Evidenz dafür, dass eine Hämodialyse Patienten mit eingeschränkter Nierenfunktion vor einer PC-AKI schützt [7],[8],[10].

DEFINITION

PC-AKI

Eine PC-AKI wird definiert als eine Steigerung des Serumkreatinins (sCr) innerhalb von 48–72 h nach intravaskulärer Kontrastmittelapplikation um mehr als 0,3 mg/dl (> 26,5 µmol / l) bzw. um mehr als 1,5-fache des Referenzwertes [7].

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

Bedeutung der Schilddrüsenfunktion

Das im Kontrastmittel an einen Trijodbenzolring gebundene Jod liegt zu einem geringen Teil als freies atomares Jod (bei Produktion: ca. 0,5–36 µg/ml Kontrastmittel) vor und dieses wird von der Schilddrüse aufgenommen. Nach der Verabreichung kommt es in vivo durch Dejodination der organisch gebundenen Gesamtjodmenge zu einem raschen Anstieg des freien Jodids (um ca. 0,001–0,15 % der insgesamt verabreichten Jodmenge). Bei vermehrtem Jodangebot wird durch den Autoregulationsmechanismus der Schilddrüse bei euthyreoten Personen die Jodaufnahme in die Schilddrüse sowie die Freisetzung von bereits gebildetem T_4 und T_3 aus der Schilddrüse gehemmt. Infolgedessen kommt es nach der Verabreichung von jodhaltigem Kontrastmittel zu einer Abnahme der Schilddrüsenhormonsynthese. Nach ca. 21 Tagen zeigt sich dies in einem vorübergehenden leichten Anstieg des TSH und einem leichten Abfall des fT_4 und fT_3, wobei die Werte üblicherweise innerhalb des Normbereichs bleiben.

- Hyperthyreose: Für die Entstehung einer jodinduzierten Hyperthyreose ist der Anteil des freien Jodids im Kontrastmittel entscheidend. Ein erhöhtes Hyperthyreoserisiko haben Personen > 60 Jahre mit einer Schilddrüsenvorerkrankung und kardialen Begleiterkrankungen, wenn diese Personen in einem Jodmangelgebiet leben (▶ **Tab. 2**). Eine kontrastmittelinduzierte Hyperthyreose (Thyreotoxikose) ist in der Regel ein sich selbst limitierendes Geschehen. Weiterer Kontrastmittelgaben sollten in näherer Zukunft nicht erfolgen. Die Therapie erfolgt je nach Schweregrad symptomorientiert durch die Verabreichung von β-Blockern und Thyreostatika. Zu den Schilddrüsenvorerkrankungen zählen:
  - Struma nodosa,
  - autonomer Schilddrüsenknoten,
  - Morbus Basedow,
  - Schilddrüsenoperation.
- Hypothyreose: Das Risiko einer jodinduzierten Hypothyreose besteht vor allem in Gebieten mit ausreichender Jodversorgung. Die Schilddrüsenfunktion erholt sich meist innerhalb von 2–4 Wochen. Bei Autoimmunthyreopathien besteht jedoch ein erhöhtes Risiko eine dauerhafte Hypothyreose zu entwickeln–in diesen Fällen ist eine langfristige Überwachung der Schilddrüsenwerte nötig. Zu den Risikogruppen zählen Personen mit:
  - Hashimoto Thyreoiditis,
  - Morbus Basedow,
  - subtotaler Schilddrüsenresektion,
  - abgelaufener silent,
  - post partum oder subakuter granulomatöser Thyreoiditis oder
  - mit erfolgter Radiojodtherapie.
- Schwangerschaft: Hat eine Schwangere jodhaltiges Kontrastmittel bekommen, muss bei einem Neugeborenen innerhalb der 1. Woche nach der Geburt die Schilddrüsenfunktion überprüft werden [2],[7],[8],[10].

HINTERGRUNDWISSEN

Es besteht ein erhöhtes Risiko für die Entstehung
- einer jodinduzierten Hyperthyreose bei Personen > 60 Jahre in Jodmangelgebieten bzw.
- einer jodinduzierten Hypothyreose in Gebieten mit ausreichender Jodversorgung.

Bei gesunden Personen < 60 Jahre besteht kein erhöhtes Risiko und es sind keine besonderen Maßnahmen nach einer Kontrastmittelapplikation erforderlich [3].

Kontrastmittelreaktionen

Bekannte Allergien, Einnahme von Medikamenten aber auch Angst können das Risiko für das Eintreten einer Kontrastmittelreaktion erhöhen.

▶ **Tab. 2** Risikoabschätzung für Kontrastmitteluntersuchungen in Jodmangelgebieten [2].

Schilddrüsenwert (TSH)	Konsequenz Kontrastmittelapplikation	Bemerkungen
TSH < 0,01 fT_4 und fT_3 erhöht: manifeste Hyperthyreose	keine jodhaltige Kontrastmittelgabe	
TSH < 0,01 fT4 und fT3 im Normbereich: latente Hyperthyreose	deutlich erhöhtes Hyperthyreoserisiko	Prophylaktische Therapie mit Perchlorat (3 x 20 Tropfen pro Tag–am Tag vor der Untersuchung beginnen und 10–14 Tage einnehmen), fakultativ können auch Thyreostatika verabreicht werden (z. B. Thiamazol, Methiamazol 10–20 mg / Tag) sowie Monitoring der Schilddrüsenfunktion vor und nach Kontrastmittelgabe.
TSH zwischen 0,1 und 0,4	erhöhtes Hyperthyreoserisiko	Ein Monitoring der Schilddrüsenwerte soll 4 und 8 Wochen nach Kontrastmittelapplikation erfolgen.
TSH normal	gering erhöhtes Hyperthyreoserisiko	Ein Monitoring der Schilddrüsenwerte soll 4 und 8 Wochen nach Kontrastmittelapplikation erfolgen.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

HINTERGRUNDWISSEN

Medikation [7],[10]

- Biguanid-Antidiabetika (Metformin) sollten bei eingeschränkter Nierenfunktion vor Kontrastmittelgabe abgesetzt werden, da ansonsten das Risiko einer Laktatazidose besteht. Sollte sich die Nierenfunktion 48 h nach Kontrastmittelgabe nicht signifikant verändert haben, kann die Metformin-Einnahme wieder begonnen werden.
- Betablocker können bei einem Kontrastmittelzwischenfall die Behandlung eines Bronchospasmus und das Ansprechen auf Adrenalin beeinträchtigen.
- Antidepressiva oder Neuroleptika können die Krampfschwelle herabsetzen.
- Interleukin- oder Interferonbehandlung erhöht das Risiko für Hautreaktionen.

Bei den Kontrastmittelreaktionen wird zwischen dosisabhängigen und dosisunabhängigen Reaktionen unterschieden:

- Als dosisabhängige Reaktionen gelten:
  - Hitzegefühl,
  - Gefäßschmerz,
  - Endothelschaden,
  - Arrhythmie,
  - Abnahme der Nierenfunktion,
  - zentralvenöse Krämpfe.
- Als dosisunabhängige Reaktionen gelten:
  - Allergischer Schock,
  - Urtikaria, Larynxödem,
  - Bronchospasmus,
  - Herzstillstand.

Eine Probeinjektion mit Kontrastmittel zur Überprüfung der Verträglichkeit darf nicht durchgeführt werden!

Allergische Reaktionen auf Kontrastmittel treten meist in den ersten 20–30 min nach Applikation auf–75 % der Reaktionen zeigen sich bereits in den ersten 3–5 min. Die Nachbeobachtungszeit sollte unter Beibehaltung des venösen Zugangs mindestens 30 min betragen. Bei späten Hautreaktion können zur Bestätigung Epi- und Intrakutantests durchgeführt werden, die auch Kreuzreaktionen mit anderen Kontrastmitteln aufdecken. Diese sollten bei zukünftigen Kontrastmitteluntersuchungen nicht angewendet werden [7],[8],[10].

HINTERGRUNDWISSEN

Meldung von Nebenwirkungen

In Österreich sind Angehörige von Gesundheitsberufen aufgefordert, jeden Verdacht auf Nebenwirkungen beim Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen zu melden (https://www.basg.gv.at/pharmakovigilanz/meldung-von-nebenwirkungen/).
In Deutschland können Angehörige von Gesundheitsberufen die Meldung beim Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte durchführen (https://www.bfarm.de/DE/Arzneimittel/Pharmakovigilanz/RisikenMelden/Nebenwirkungsmeldung-Heilberufe/_node.html).

Scan-Faktoren

Die Kontrastmitteldosis ist so zu wählen, dass ein für die Fragestellung ausreichender Gefäß- bzw. Gewebekontrast erreicht wird. Grundsätzlich sollte die niedrigste notwendige Dosis verabreicht werden. Das Kontrastmittelvolumen ist von der Jodkonzentration (üblicherweise 300–400 mg J/ml) und dem gewünschten Enhancement abhängig. Bei Verwendung eines Kontrastmittels mit hoher Jodkonzentration wird bei identem Enhancement eine geringere Menge benötigt als bei einem mit niedriger Jodkonzentration. Eine zu hohe Kontrastmitteldosis–d. h. ein großes Kontrastmittelvolumen mit hohem Jodgehalt–ist unökonomisch und kann das Risiko einer PC-AKI erhöhen. Eine feststehende Kontrastmittelmenge ist bei einer Untersuchung im Abdomen, welche stark vom Gewicht des Patienten abhängt, nicht sinnvoll. Gewichtsbasierte Berechnungsmethoden können helfen, Unter- bzw. Überdosierungen zu vermeiden [1],[10],[11],[12].

Die Scan-Dauer ist abhängig von der Größe des Untersuchungsbereichs, der zur Verfügung stehenden CT-Detektorzeilenanzahl sowie den heute geräteabhängig zur Verfügung stehenden Scan-Modi (z. B. Flash Mode, Mehrspektren-CT). Wird die Scan-Dauer beim Kontrastmittelprotokoll nicht berücksichtigt, könnte die Injektionszeit zu lange bzw. zu kurz sein, was zu suboptimalen Kontrastierungen oder zu hohen Kontrastmitteldosen führt. Die Grundregel, dass die Injektion genauso lange dauern soll wie die Aufnahme selbst, gilt bei längeren Scanzeiten (> 20 s) ist aber bei Mehrzeilendetektoren mit kurzen Scanzeiten nicht mehr anwendbar. Die Injektionsdauer setzt sich aus dem Flow und dem Kontrastmittelvolumen zusammen und sollte untersuchungsabhängig gleichbleiben.

DEFINITION

Flow

Der Flow (auch die Flussrate oder die Injektionsgeschwindigkeit) ist definiert durch die verabreichte Menge pro Sekunde.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

Der Flow muss der Fragestellung, der Art des venösen Zuganges und der individuellen Patientenkonstitution angepasst werden. Die Injektionsgeschwindigkeiten betragen zwischen 3–5 ml / s und sind von der Jodkonzentration des Kontrastmittels und dem gewünschten Kontrast abhängig. Die ▶**Tab. 3** zeigt exemplarisch den detektorzeilenabhängigen Zusammenhang für die Ermittlung des benötigten Kontrastmittelvolumens [3],[12].

▶**Tab. 3** Detektorzeilenabhängige Ermittlung des Kontrastmittelvolumens [3].

Detektorzeilenanzahl	Kontrastmittelvolumen
≤ 16	Scanzeit x Flow
16–32	(Scanzeit + 5) x Flow
≥ 64	(Scanzeit + 10) x Flow
Flash-Mode-, Volumen-CT	(Scanzeit + 15) x Flow

HINTERGRUNDWISSEN

Jodadministrationsrate

Die Jodadministrationsrate oder auch der Jodfluss wird über den Flow und die Jodkonzentration des Kontrastmittels beeinflusst [3].

Gefäßdarstellungen sowie die Darstellung der arteriellen Phase von Organen benötigen für eine ausreichende Kontrastierung (Gefäßkontrast von mindestens 300 HU) einen hohen Flow (z. B. 4 ml / s). Protokollabhängige Richtwerte für den Jodfluss sind [3]:

- S: 1,3 g J / s,
- M: 1,5 g J / s,
- L: 1,7 g J / s.

Für die Organdarstellung in der parenchymatösen Phase kann ein geringerer Flow verwendet werden, da nicht die Injektionsgeschwindigkeit, sondern die applizierte Jodmenge für den Kontrast verantwortlich ist. So wird z. B. für eine optimale Parenchymkontrastierung der Leber 360–500 mg Jod pro kg Körpergewicht empfohlen. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass es bei Verwendung eines niedrigen Flows auch länger dauert, bis die maximale Parenchymkontrastierung erreicht ist [1][3][12].

Merke

Die arterielle Kontrastierung ist direkt proportional zur Jodadministrationsrate (mg J / ml / s) – die Kontrastierung des Leberparenchyms ist proportional der applizierten Gesamtjodmenge [12].

Scan-Delay

Für eine adäquate Kontrastierung ist der Zeitpunkt des Scanstarts nach Kontrastmittelapplikation entscheidend. Der Scan-Delay ist abhängig von

- der Lage des venösen Zugangs,
- der Kreislaufzeit,
- dem zu untersuchenden Organ und
- dem Flow.

Grundsätzlich wird zwischen

- Fix-Delay,
- Testbolusmethode und
- Bolustracking

unterschieden.

Fix-Delay

Ein Fix-Delay kann grundsätzlich immer verwendet werden, allerdings kann das Untersuchungsergebnis sehr stark variieren, da es große Unterschiede in der Kreislaufzeit der Patienten gibt.

Testbolusmethode

Die Testbolusmethode ist die exakteste, aber auch aufwendigste Möglichkeit zur Ermittlung des Bolusprofils, um Aufschluss über die Anflutungszeit und den für eine Untersuchung benötigten Delay zu erhalten.

Bolustracking

Das Bolustracking ist bei CT-Angiografien und mehrphasigen Abdomen-CT Untersuchungen etabliert, da die zeitliche Veränderung des Kontrastmittelpeaks, bedingt durch eine reduzierte Herzleistung, ebenfalls berücksichtigt wird. Des Weiteren muss beachtet werden, dass der herstellerabhängige Trigger-Delay (Zeit für Tischvorschub von Premonitoring-Schicht in die Startposition) zur Injektionszeit hinzugerechnet werden muss. Der festgelegte Schwellenwert beim Bolustracking sollte immer mindestens 20 HU höher liegen als der native Dichtewert in der Region of Interest (ROI). Herstellerabhängig gibt es Unterschiede in der Festlegung des Schwellenwertes [1][3][6].

HINTERGRUNDWISSEN

Schwellenwert Scan-Delay [3]

- GE, Siemens: Der aktuelle Messwert (z. B. Dichte von Blut in Aorta 45–55 HU) in der ROI wird mit 0 HU festgelegt. Als Schwellenwert für den Scan-Delay werden meist 100 HU festgelegt.
- Canon, Philips: In der ROI wird der aktuelle Dichtewert gemessen, und der Schwellenwert für den Scan Delay wird meist mit 150 HU festgelegt.

Scan-Richtung und Röhrenspannung

Die Scan-Richtung ist vor allem bei arteriellen Phasen entscheidend. Es ist grundsätzlich sinnvoll, beim Scannen der

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

Blutflussrichtung zu folgen. Allerdings ist dies mit zunehmender Detektorzeilenanzahl nur mehr bedingt gültig. Wird die Röhrenspannung (kV) verringert, erhöht sich der Jod-zu-Gewebe-Kontrast, was sich in erhöhten HU des mit Kontrastmittel gefüllten Gefäßlumens zeigt. Dadurch, dass sich die HU durch Verringerung der kV erhöhen, kann mit einer geringeren Kontrastmitteldosis dasselbe Enhancement erreicht werden bzw. bei gleichbleibender Kontrastmitteldosis ein verbessertes Enhancement erzielt werden. Das durch die kV-Reduktion vermehrt auftretende Bildrauschen wird durch den stärkeren Jodkontrast kompensiert. Zusätzlich bewirkt eine kV-Reduktion ebenfalls eine Dosisreduktion [1],[3].

Merke

Niedrigere Röhrenspannungen verstärken den Jodkontrast und werden bei CT-Angiografien angewendet.

Ermittlung Kontrastmitteldosis

Um das Risiko einer PC-AKI sowie einer jodinduzierten Hyperthyreose zu reduzieren, ist eine individuelle Ermittlung der für eine Untersuchung benötigten Kontrastmittelmenge sinnvoll. Gewichtsbasierte Methoden ziehen das Körpergewicht und zum Teil die Größe und den Körperfettanteil als Bemessungsgrundlage heran und definieren Jodmengen, die für ein bestimmtes Enhancement nötig sind. Ein Ansatz zur Risikoabschätzung einer PC-AKI ist die Berücksichtigung der Nierenfunktion.

Total Body Weight

Für die Bestimmung des Total Body Weight (TBW) wird das Körpergewicht zur Ermittlung der benötigten Jodmenge herangezogen. Es wird das Produkt aus dem Gewicht in Kilogramm mit der empfohlenen Jodmenge pro Kilogramm Körpergewicht (KG) gebildet. Vor allem bei adipösen Patienten führt diese Berechnung zu einer extrem hohen Kontrastmittelmenge. Zusätzlich erschwerend ist, dass Dosierungsempfehlungen für die Ganzkörper-CT gängiger Kontrastmittel nicht einheitlich sind. Um Unter- und Überdosierungen zu vermeiden, erscheint es sinnvoll, für verschiedene Untersuchungsprotokolle eine minimale / maximale Kontrastmitteldosis festzulegen. Bei einem Vergleich der Dosierungsempfehlungen lässt sich für Erwachsene für ein Leber-Enhancement von 50 HU ein Richtwert von ca. 500 mg Jod pro Kilogramm Körpergewicht ableiten. Für Kinder liegt die maximale Dosierung bei 900 mg J / kg und einer Jodgesamtdosis von 30 000 mg J [1],[4],[11],[12],[13].

FALLBEISPIEL

Fallbeispiel TBW

Bei Kontrastmittel X mit einem Jodgehalt von 300 mg J / ml und einer Dosierungsempfehlung 500 mg J / kg ≈ 1,66 ml Kontrastmittel / kg. Bei einem 70 kg schweren Patienten entspricht das 116 ml Kontrastmittel und einer applizierten Jodmenge von 35 000 mg J.

Lean Body Weight

Die fettfreie Körpermasse (FFM) lässt sich als Körpergewicht abzüglich des Speicherfetts definieren. Bei adipösen Patienten besteht ein großer Teil des Körpergewichts aus Speicherfett, welches, im Vergleich zu anderem Gewebe, schlecht perfundiert ist und somit wenig zur Verteilung des Kontrastmittels beiträgt. Bei adipösen Patienten korreliert das Lean Body Weight (LBW) besser mit dem extrazellulären Flüssigkeitsvolumen als bei der TBW-Berechnung. Allerdings ist eine exakte Messung des LBW sehr komplex und in der klinischen Praxis schwierig. Praktikabler ist die Berechnung anhand von Formeln, wobei für die Ermittlung des geschätzten LBW (eLBW) für die westliche Gesellschaft die Boer-Formel bevorzugt angewendet wird, da diese bei Unter- und Übergewichtigen ein gleichwertigeres Enhancement liefert (▶**Tab. 4**). Vor allem bei abdominellen Untersuchungen adipöser Patienten ist, durch die nicht gegebene Proportionalität zwischen Körper- und Lebergewicht, die Berechnung mittels LBW vorzuziehen (0,712 g J / kg LBW ergibt ein Leber-Enhancement von 50 HU). Für Kinder und Jugendliche gibt es zum derzeitigen Stand der Wissenschaft keine validen Erkenntnisse, ob die LBW-Methode zur Bestimmung der Kontrastmitteldosierung sinnvoll ist [1],[4],[5],[6].

▶**Tab. 4** LBW- und BSA-Ermittlung.

Formel	Berechnung*
LBW [5]	
Boer-Formel: Männer	eLBW: 0,407 × Gewicht + 0,267 × Größe – 19,2
Boer Formel: Frauen	eLBW: 0,252 × Gewicht + 0,473 × Größe – 48,3
BSA [14]	
Mosteller-Formel:	BSA=(Körpergröße x Körpergewicht / 3600)$^{1/2}$

* Verwendete Einheiten: Gewicht–kg, Größe–cm; BSA–m^2.

DEFINITION

Kontrastmitteldosis

Die Kontrastmitteldosis mittels LBW wird wie folgt berechnet:

LBW x Jodmenge* pro kg fettfreies Körpergewicht

* Der Durchschnittswert beträgt 600 mg J / kg.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

▶**Tab. 5** Berechnungsbeispiele. Vergleiche der ermittelten Joddosis bei Verwendung von TBW, LBW (nach Boer-Formel) und BSA (nach Mosteller-Formel) und Ermittlung gJ / eGFR-Verhältnis

Person [m / w]	Gewicht [kg]	TBW (0,5 g J / kg KG)		LBW (0,6 gJ / LBW)		BSA (18,6 g J / m²)	
		Dosis g J	g J / eGFR	Dosis g J	g J / eGFR	Dosis g J	g J / eGFR
1 m	75	37,5	0,62	35,631	0,59	36	0,6
2 w	65	32,5	0,54	29,094	0,48	32,59	0,54
3 m	135	67,5	1,12	50,283	0,83	48,32	0,8
4 w	125	62,5	1,04	38,166	0,63	45,19	0,75

Body Surface Area

Als Body Surface Area (BSA) wird die gesamte Körperoberfläche in Quadratmeter (m^2) definiert. Sie ist hauptsächlich von der Körpergröße und dem Körpergewicht abhängig, wird aber leicht durch andere Faktoren, wie das Alter oder das Geschlecht, beeinflusst. Die BSA wird in der Medizin häufig als Bemessungsgrundlage zur Medikamentendosierung, z. B. bei der Chemotherapie, verwendet. Die BSA ist ebenso ein zuverlässiger Indikator für die Körpermasse ohne das schlecht perfundierte Fettgewebe. Die Berechnung der BSA ist weniger komplex als Messungen des Körperfettanteils, wobei die Mosteller-Formel die zuverlässigsten Ergebnisse liefert (▶**Tab. 4**). Zur Ermittlung der Kontrastmittelmenge wird das Produkt zwischen BSA und Jodmenge pro Quadratmeter BSA gebildet. Mit einer Jodmenge von 18,6g J / m^2 ist eine ausreichende Leberkontrastierung gegeben (Dichteanstieg um 50 HU).

Für Kinder gibt es keine validen wissenschaftlichen Daten zur Nutzung der BSA zur Ermittlung der Kontrastmitteldosis [4],[6],[11].

PC-AKI-Risikoeinschätzung

Dafür wird das Verhältnis zwischen der Jodmenge des Kontrastmittels in Gramm (g) und der eGFR gebildet. Um das Risiko einer PC-AKI nicht zu erhöhen, sollte der Wert < 1,0 sein. Ein Wert > 1 kann als Indikator für eine intensivere Patientenüberwachung nach der Kontrastmittelgabe dienen. Laut den Empfehlungen der Schwedischen Gesellschaft für Uroradiologie beträgt der Wert für Risikopatienten < 0,5. In den ESUR-Guidelines ist derzeit diese Möglichkeit zur Risikoabschätzung nicht aufgenommen [15],[16] .

FALLBEISPIEL

Berechnung der Jodmenge

Die Beispiele (▶**Tab. 5**) dienen zur Veranschaulichung und sollen aufzeigen, inwiefern sich die benötigte Jodmenge bei einem 180 cm großen normalgewichtigen Mann (75 kg) und einer 170 cm großen normalgewichtigen Frau (65 kg) im Vergleich zu einem gleich großen übergewichtigen Mann (135 kg) / Frau (125 kg) in Abhängigkeit vom Berechnungsmodell verändert. Für die Berechnung des Verhältnisses Jodmenge in Gramm (g) zu eGFR wird eine eGFR von 60 ml / min angenommen, was eine leichte Schädigung der Niere impliziert, jedoch keinen Hinderungsgrund für eine Kontrastmittelapplikation darstellt. Es wird ersichtlich, dass die benötigte Jodmenge (g J) bei der Berechnung mittels LBW und BSA geringer ausfällt als mittels TBW. Vor allem bei der Berechnung mittels TBW liegt das Verhältnis der Jodmenge zur eGFR über 1, während dieses Verhältnis bei den anderen Berechnungsmodellen deutlich unter 1 liegt. Dies zeigt, dass die Berechnung mittels LBW und BSA für adipöse Patienten besser geeignet zu sein scheint. Das g J / eGFR-Verhältnis kann bei der Risikoeinschätzung einer PC-AKI hilfreich sein.

KERNAUSSAGEN

- Die Optimierung der applizierten Kontrastmitteldosis ist sehr komplex und muss der Patientensituation / Fragestellung angepasst erfolgen.
- Entscheidend für eine sichere Kontrastmittelapplikation ist
  - die Identifikation von Hochrisikopatienten vor der Kontrastmittelapplikation und
  - auf die applizierte Gesamtjodmenge zu achten.
- Eine kV-Reduktion bedingt bei einer CT-Angiografie einen besseren Kontrast.
- Sowohl die Testbolus- als auch die Bolustracking-Methode berücksichtigen eine reduzierte Herzleistung.
- Orientierung für die Ermittlung der Jodmenge mittels
  - Total Body Weight (TBW): 0,5 gJ pro kg KG,
  - Lean Body Weight (LBW): 0,6 gJ pro KG LBW,
  - Body Surface Area (BSA): 18,6 gJ pro m^2.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

- LBW und BSA bieten eine geringere Variabilität bei unterschiedlichem Körpergewicht und können der Protokolloptimierung bei adipösen Patienten dienen.
- Das gJ / eGFR-Verhältnis wird als Indikator zur Risikoeinschätzung einer kontrastmittelassoziierten akuten Nierenschädigung (PC-AKI) angesehen und sollte < 1 sein.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

Autorinnen / Autoren

Nadine Aichbauer, BSc

Jahrgang 1997. 2016–2019 Studium der Radiologietechnologie an der Fachhochschule Joanneum in Graz. Seit 2019 als Radiologietechnologin an der Universitätsklinik für Radiologie in Graz tätig. Schwerpunkt CT.

Petra Steffens, MSc

Jahrgang 1966. Seit 1986 Radiologietechnologin. 2009 MSc für komplementäre, integrative und psychosoziale Gesundheitswissenschaften. 1986–1996 Universitätsklinik für Strahlentherapie–Radioonkologie am LKH-Universitätsklinikum Graz. 1996–2006: Akademie für den radiologisch-technischen Dienst des Landes Steiermark. Seit 2006 FH-Joanneum Graz, Institut Radiologietechnologie, Hochschullehre und Forschung.

Korrespondenzadresse

Petra Steffens

FH-Joanneum / Institut Radiologietechnologie
Eggenberger Allee 13
8020 Graz
Österreich
E-Mail: petra.steffens@fh-joanneum.at

Literatur

[1] Bae K T. Intravenous Contrast Medium Administration and Scan Timing at CT: Considerations and Approaches. Radiology 2010; 256: 32–61

[2] Leidig-Brucker G. Jodhaltige Kontrastmittel bei Patienten mit Schilddrüsenerkrankungen. Radiologe 2019; 5: 413–424. doi: 10.1007/s00117-019-0520-y

[3] Riemer A. Computertomographie für MTRA / RT. 1.Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017

[4] Kondo H, Kanematsu M, Goshima S et al. Body size indices to determine iodine mass with contrast-enhanced multidetector computed tomography of the upper abdomen: does body surface area outperformtotal body weight or lean body weight? Eur Radiol 2013; 23: 1855–1861. doi: 10.1007/s00330-013-2808-z

[5] Caruso D, De Santis D, Rivosecchi F et al. Lean Body Weight-Tailored Iodinated Contrast Injection in Obese Patient: Boer versus James Formula. BioMed Research International 2018; 218: 1–6. doi: 10.1155/2018/8521893

[6] Zenardo M, Doniselli FM, Esseridou A et al. Abdominal CT: a radiologist driven adjustment of the dose of iodinated contrast agent approaches a calculation per lean body weight. Eur Radiol Exp 2018; 2: 41. doi: 10.1186/s41747-018-0074-1

[7] European Society of Urogenital Radiology. ESUR-Guidelines 10.0 (Juli 2019). Im Internet: www.esur.org/esur-guidelines; Stand: 23.10.2019

[8] Reiser M, Kuhn FP, Debus J. Duale Reihe Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017

[9] Mandlik V, Prantl L, Schreyer A G. Contrast Media Extravasation in CT and MRI–A Literature Review and Strategies for Therapy. Fortschr Röntgenstr 2019; 191: 25–32

[10] Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen. Arzneispezialitätenregister–Fachinformationen zu Röntgenkontrastmitteln (Oktober 2019). Im Internet: https://aspregister.basg.gv.at/aspregister/faces/aspregister.jspx?_afrLoop=1175058581619865&_afrWindowMode=0&_adf.ctrl-state=yziv1oqx5_4; Stand 23.10.2019

[11] Perrin E, Jackson M, Grant R et al. Weight-adapted iodinated contrast media administration in abdomino-pelvic CT: Can image quality be maintained?. Radiography 2017; 24: 22–27. doi: 10.1016/j.radi.2017.08.011

[12] Brüning R, Küttner A, Flohr T, Hrsg. Mehrschicht CT - Ein Leitfaden. 1. Aufl. Heidelberg: Springer; 2008

[13] Oppelt B, Hrsg. Pädiatrische Radiologie für MTRA / RT. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2010

[14] DocCheckFlexikon. Mosteller Formel (März 2017). Im Internet: https://flexikon.doccheck.com/de/Mosteller-Formel; Stand 24.10.2019

[15] Nyman U, Ahlkvist J, Aspelin P et al. Preventing contrast medium-induced acute kidney injury. Eur Radiol 2018; 28: 5384–5395. doi: 10.1007/s00330-018-5678-6

[16] McDonald JS, McDonald RJ, Carter RE et al. Risk of Intravenous Contrast Material-mediated Acute Kidney Injury: A Propensity Score-matched Study Stratified by Baseline-estimated Glomerular Filtration Rate. Radiology 2014; 271: 65–73

Bibliografie

DOI https://doi.org/10.1055/a-1081-5499
Radiopraxis 2020; 13: 83–94
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 1866-1033

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter http://cme.thieme.dehilfe eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter eref.thieme.de/CXED811 oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.

Thieme CPD · Fortbildungspunkte 3

Frage 1

Was ist für eine i. v.-Kontrastmittelapplikation irrelevant?

A Nierenfunktion
B Schilddrüsenfunktion
C Hormonstatus
D Einnahme von Biguanid-Antidiabetika
E Art des venösen Zugangs

Frage 2

In welchem Zeitraum werden 75 % des Kontrastmittels bei normaler Nierenfunktion ausgeschieden?

A 1 h
B 2 h
C 3 h
D 4 h
E 5 h

Frage 3

Welche Aussage zur Osmolalität ist richtig?

A Je höher der Jodgehalt eines Kontrastmittels ist, desto höher ist auch die Osmolalität.
B Die Osmolalität beeinflusst die Kontrastmittelverträglichkeit nicht.
C Die Osmolalität beeinflusst die Fließeigenschaften.
D Zur i. v.-Applikation werden hochosmolare Kontrastmittel verwendet.
E Ionische Kontrastmittel führen zu deutlich weniger Nebenwirkungen als nicht ionische.

Frage 4

Welche Aussage zur Viskosität ist falsch?

A Die Viskosität beschreibt die innere Reibung einer Flüssigkeit.
B Je höher die Anzahl und die Größe der gelösten Teilchen sind, desto höher ist auch die Viskosität.
C Eine hohe Viskosität erschwert die Kontrastmittelinjektion mit einem hohen Flow.
D Eine hohe Viskosität wirkt sich nachteilig auf den Blutfluss in der Mikrozirkulation aus.
E Je höher die Temperatur, desto höher ist die Viskosität des Kontrastmittels.

Frage 5

Welche Aussage zu den Paravasaten ist falsch?

A Ein fragiler Gefäßstatus erhöht das Risiko.
B Niedrige Flussraten erhöhen das Risiko .
C Hohe Flussraten erhöhen das Risiko.
D Wenn eine Schmerzäußerung nicht bzw. nur bedingt möglich ist, ist das Risiko erhöht.
E Eine pathologische Lymphsituation erhöht das Risiko.

Frage 6

Welche der folgenden Aussagen ist falsch?

A Bei gleichem Cardiac Output ist bei höheren Blutvolumina eine höhere Kontrastmitteldosis notwendig.
B Da das Jod im Kontrastmittel zu einem geringen Teil als freies atomares Jod vorliegt, wird es von der Schilddrüse aufgenommen.
C Eine Probeinjektion zur Überprüfung der Kontrastmittelverträglichkeit darf nicht durchgeführt werden.
D Über jeden Portkatheter kann mittels Hochdruckinjektor bedenkenlos Kontrastmittel appliziert werden.
E Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Paravasat auftritt, ist bei Vorhandensein von Risikofaktoren größer.

Frage 7

Welche der folgenden Aussagen ist falsch?

A Der Anteil des freien atomaren Jods ist für die Entstehung einer Hyperthyreose entscheidend.
B Das Risiko für eine jodinduzierte Hyperthyreose ist in Jodmangelgebieten größer.
C Das freie atomare Jod bewirkt bei Euthyreoten leicht erhöhte TSH- und leicht reduzierte fT_4- und fT_3-Werte.
D Eine Thyreotoxikose ist in der Regel ein sich selbst limitierendes Geschehen.
E Das Risiko für eine Hypothyreose ist in Jodmangelgebieten größer.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung ...

Frage 8

Wovon ist ein Scan-Delay nicht abhängig?

A der Kreislaufzeit
B dem zu untersuchenden Organ
C der Jodkonzentration des Kontrastmittels
D der Lage des venösen Zugangs
E der Injektionsgeschwindigkeit

Frage 9

Was ist nicht auf eine kV-Reduktion zurückzuführen?

A veränderter Delay
B erhöhte HU-Werte
C erhöhter Jod zu Gewebe Kontrast
D Dosisreduktion
E Anwendung von Kontrastmitteln mit niedrigerem Jodgehalt

Frage 10

Das Verhältnis zwischen der verabreichten Jodmenge in Gramm und der eGFR sollte welchen Wert nicht überschreiten?

A 0,1
B 1,0
C 10
D 100
E 1000

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.