



Bundesärztekammer

Arbeitsgemeinschaft der deutschen Ärztekammern

**Leitlinie der Bundesärztekammer
zur Qualitätssicherung
in der Computertomographie**

Gemäß Beschluss des Vorstandes der Bundesärztekammer vom 23. November 2007

INHALTSVERZEICHNIS

PRÄAMBEL 3

A GRUNDLEGENDE ÄRZTLICHE UND AUFNAHMETECHNISCHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN..... 3

1. ÄRZTLICHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN..... 3

2. AUFNAHMETECHNISCHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN..... 4

2.1 LAGERUNG UND EINSTELLUNG..... 4

2.2 AUFNAHMEPARAMETER..... 4

2.3 STRAHLENEXPOSITION..... 4

2.4 SCHICHTGEOMETRIE 5

2.5 BILDAKQUISITION UND –REKONSTRUKTION..... 5

2.6 BILDDARSTELLUNG..... 6

2.7 BILDDOKUMENTATION..... 6

2.8 ARTEFAKTE..... 7

2.9 QUANTITATIVE COMPUTERTOMOGRAPHIE..... 7

2.10 ANGIO-CT (CTA)..... 7

3. SCHEMATISCHE ÜBERSICHT DER QUALITÄTSANFORDERUNGEN IN DER COMPUTERTOMOGRAPHIE 8

3.1 ÄRZTLICHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN 8

3.2 ANGABEN ZU UNTERSUCHUNGSTECHNIK UND DOKUMENTATION..... 8

3.3 ÄRZTLICHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN BEI NEUGEBORENEN, SÄUGLINGEN, KINDERN UND JUGENDLICHEN..... 9

B KATALOG SPEZIFISCHER ÄRZTLICHER UND AUFNAHMETECHNISCHER QUALITÄTSANFORDERUNGEN..... 10

THORAX..... 10

 I. *Ärztliche Qualitätsanforderungen* 10

 II. *Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation* 13

ABDOMEN..... 14

 I. *Ärztliche Qualitätsanforderungen* 14

 II. *Angaben zur Untersuchungstechnik und Dokumentation*..... 16

NIEREN, NEBENNIEREN, RETROPERITONEALRAUM..... 17

 I. *Ärztliche Qualitätsanforderungen* 17

 II. *Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation* 19

BECKEN..... 20

 I. *Ärztliche Qualitätsanforderungen* 20

 II. *Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation* 21

SCHÄDEL 21

 I. *Ärztliche Qualitätsanforderungen* 21

 II. *Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation* 24

WIRBELSÄULE..... 27

 I. *Ärztliche Qualitätsanforderungen* 27

 II. *Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation* 27

C ANHANG 30

LISTE DER MITWIRKENDEN ORGANISATIONEN / PERSONEN..... 30

Präambel

Die Qualität der Diagnostik mittels Computertomographie wird bestimmt durch die rechtfertigende Indikation mit einer klinischen Fragestellung, die optimierte Durchführung der Untersuchung, die Darstellung der diagnostisch wichtigen Bildinformationen mit einer medizinisch vertretbar niedrigen Strahlenexposition sowie die fachkundige Auswertung der Untersuchung und der dokumentierten Ergebnisse im Befundbericht.

Die Leitlinie fasst die ärztlichen Qualitätsforderungen und die Empfehlungen für die gesamte Leistungskette der Computertomographie zusammen, mit denen eine gute diagnostische Qualität zu erreichen ist. Sie gilt auch bei räumlicher und/oder personaler Trennung in der Durchführung der einzelnen Leistungsschritte. Diese Leitlinie beschreibt den derzeitigen medizinischen Standard und den Stand der Technik der radiologischen Basisuntersuchungen.

A Grundlegende ärztliche und Aufnahmetechnische Qualitätsanforderungen

1. Ärztliche Qualitätsanforderungen

Die ärztlichen Qualitätsanforderungen orientieren sich an den Darstellungsmöglichkeiten der Computertomographie und zielen auf die Beantwortung medizinischer Fragestellungen.

Die Qualitätsanforderungen umfassen:

1. charakteristische Bildmerkmale
2. wichtige Bilddetails und
3. kritische Strukturen.

Die *charakteristischen Bildmerkmale* beschreiben die anatomischen organotypischen Strukturen und gewebebedingten Dichteunterschiede, die durch geeignete Faltungskerne und organ- und altersbezogene Fenstereinstellungen gut erkennbar dargestellt sind.

Wichtige Bilddetails bezeichnen die feinen Strukturen und Dichtemuster, deren Erkennbarkeit für die diagnostische Beurteilung von Bedeutung ist und die durch eine geeignete Technik abgebildet sein sollen.

Die *kritischen Strukturen* heben die Bildstrukturen und Dichteunterschiede hervor, die für die Erfassung diskreter pathologischer Veränderungen Voraussetzung und für die Qualität der computertomographischen Untersuchung wesentlich sind.

Im Hinblick auf die erwarteten diagnostischen Informationen und den optimierten Strahlenschutz werden Mindestanforderungen für die Untersuchung der verschiedenen Organe und Körpergebiete beschrieben. Von den Qualitätsanforderungen darf nur mit entsprechender Begründung bei speziellen Fragestellungen und besonderen Voraussetzungen abgewichen werden, die Begründung ist zu dokumentieren.

2. Aufnahmetechnische Qualitätsanforderungen

Die Nutzung der diagnostischen Möglichkeiten der Computertomographie und die Erfüllung der Qualitätsanforderungen zwingen zum Einsatz einer gut abgestimmten Untersuchungstechnik, die in ihren allgemeinen Prinzipien aufgeführt werden soll. Dabei ist in der Regel die spezielle ärztliche Fragestellung für das gewählte technische Vorgehen bestimmend.

2.1 Lagerung und Einstellung

Der zu untersuchende Körperabschnitt muss exakt festgelegt werden. Die Lagerung des Patienten erfolgt in reproduzierbarer Weise. Das Messfeld soll dem zu untersuchenden Körperquerschnitt angepasst werden. Die Position wird durch ein Computerradiogramm (Übersichtsbild) exakt festgehalten. Der geplante Untersuchungsbereich wird hierin markiert.

2.2 Aufnahmeparameter

Die Aufnahmespannung liegt in der Regel um 120 kV (80 — 140 kV). Höhere Spannungswerte sollten nur verwendet werden, falls die verfügbare Aufnahmeleistung nicht ausreicht. Niedrigere Spannungswerte können bei Kontrastmittelanwendungen, speziell bei Gefäßdarstellungen, wegen des deutlich gesteigerten Jodkontrasts angezeigt sein. Das Strom-Zeit-Produkt (mAs) ist abhängig vom Untersuchungsobjekt und dem diagnostisch tolerablen Rauschen. Aus Gründen der Strahlenexposition sollte es möglichst niedrig gewählt werden. Dabei ist zu beachten, dass an einigen neueren Geräten ein ‚effektives mAs-Produkt‘ zur Verwendung kommt, bei dem der Einfluss des Pitchfaktors auf die Strahlenexposition bereits enthalten ist ($mAs_{\text{eff}} = mAs_{\text{elektrisch}} / \text{Pitch}$).

2.3 Strahlenexposition

Zur Beschreibung der Strahlenexposition bei CT-Untersuchungen werden die beiden Dosisgrößen, ‚Gewichteter CT Dosisindex‘ ($CTDI_w$) und ‚Dosislängenprodukt‘ (DLP) verwendet. Der $CTDI_w$ wird ausschließlich durch die verwendeten Scanparameter (Spannung, mAs-Produkt) bestimmt. Das Dosislängenprodukt berücksichtigt darüber hinaus anwendungsspezifische Einflüsse (Pitch, Scanlänge, Anzahl der Scanserien). Das Dosislängenprodukt entspricht dem Dosisflächenprodukt in der Projektionsradiographie.

Für die sieben häufigsten Standard-Untersuchungen liegen diagnostische Referenzwerte des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) für beide Dosisgrößen vor. Grundlage sind die Ergebnisse der bundesweiten Umfrage zur CT-Expositionspraxis aus dem Jahre 1999. Die einzelnen Werte sind so gewählt, dass sie auch von älteren Geräten im Mittel eingehalten werden können. Diese Werte gelten nur für Erwachsene. Zu beachten ist, dass in der geräteseitigen Dosisanzeige der ‚Volumen-CTDI‘ zur Verwendung kommt, bei dem der Einfluss des Pitchfaktors auf die Strahlenexposition bereits enthalten ist ($CTDI_{\text{vol}} = CTDI_w / \text{Pitch}$). Der absolute $CTDI_{\text{vol}}$ -Wert beschreibt nicht vollständig die Strahlenexposition des Patienten. Bei pädiatrischen Patienten ist die tatsächlich absorbierte Dosis bei gleichem $CTDI_{\text{vol}}$ (angezeigter Wert) umso höher je kleiner der Querschnitt der Kinder ist.

Je nach gerätetechnischen Voraussetzungen und diagnostischer Fragestellung kann in vielen Fällen ohne Einschränkung der diagnostischen Aussagekraft mit reduzierten Dosiswerten unterhalb der Referenzwerte gearbeitet werden. Ein ‚Leitfaden zur Bewertung und Optimierung der Strahlenexposition bei CT-Untersuchungen‘, in den die Ergebnisse der ‚Konzertierten Aktion Dosisreduktion CT‘ eingeflossen sind, enthält eine Vielzahl von Hinweisen, wie diese in der Praxis umgesetzt werden können.

2.4 Schichtgeometrie

Je nach Gerät lässt sich der Untersuchungsbereich mit Schichten darstellen, deren Dicke zwischen 0,5 und 10 mm liegt. Anders als beim Einzelschicht-CT unterscheidet sich beim Mehrschicht-CT die zur Bilddarstellung benutzte Schichtdicke von der Schichtdicke, die bei der Datenerfassung verwendet wird („Schichtkollimation“). Um bei multiplanaren Darstellungen (MPR) eine nahezu isotrope Ortsauflösung zu erzielen und um Partialvolumeneffekte weitestgehend zu reduzieren, ist eine Datenerfassung mit möglichst feiner Schichtkollimation anzustreben, sofern nicht andere Gesichtspunkte dagegen sprechen (begrenzte Röhrenleistung, zu lange Gesamtscanzeit, apparativ bedingte Dosisüberhöhung bei enger Kollimation, fehlende Möglichkeit zur nachträglichen Erstellung dickerer Schichten).

Die Neigung der Schichtebene muss den anatomischen Gegebenheiten angepasst werden. Dies kann über die Neigung der Gantry, die Lagerung des untersuchten Körperabschnitts oder über Bildnachverarbeitung erfolgen.

Die Anzahl der berechneten Schichten ist im Hinblick auf die Strahlenexposition weitestgehend ohne Bedeutung. Hierfür ist vielmehr die Länge des untersuchten Körperabschnitts maßgeblich. Sie sollte unter Berücksichtigung von Fragestellung und Anatomie so kurz wie nötig gewählt werden.

Empfehlungen zur Wahl der geeigneten Schichtdicke bei der Befundung finden sich im Abschnitt „Katalog diagnostischer Qualitätskriterien und Angaben zur Untersuchungstechnik“. Je nach verwendeter Schichtdicke ändert sich der Rauscheindruck des Bildes: je dünner die Schicht, desto stärker das Rauschen. Zugleich verringert sich dabei der Partialvolumeneffekt, d.h. kleine Details und die Konturen unregelmäßig geformter Organe werden kontrastreicher dargestellt. Erfolgt die Befundung aus diesen Gründen mit dünnen Schichten, erübrigt sich eine Erhöhung der Dosis, da der Kontrastgewinn den Nachteil des erhöhten Rauschen mehr als wettmacht. Spielt der Partialvolumeneffekt dagegen nur eine untergeordnete Rolle, sollte die Befundung mit dickeren Schichten vorgenommen werden, da hierbei das Rauschen abnimmt.

2.5 Bildakquisition und –rekonstruktion

Die Schnittführung erfolgt entweder sequentiell (d.h. schrittweise) oder im Spiralmodus (d.h. kontinuierlich). Spiralakquisition bietet zahlreiche Vorteile (beschleunigte Datenerfassung, überlappende Bildrekonstruktion, beliebige Schichtorientierung) bei nur wenigen Nachteilen (ungünstigere Form des Schichtprofils). Wegen der kontinuierlichen Datenerfassung kann der Tischvorschub größer als die Schichtkollimation gewählt werden (d.h. Pitch > 1), ohne dass dabei Datenlücken auftreten. Hieraus ergibt sich eine Verkürzung der Gesamt-Scanzeit und eine Reduktion der Strahlenexposition (bei Einzelschicht-CT). Bei Mehrschicht-CT-Geräten kann es dagegen aus Gründen der Artefaktreduzierung vorteilhafter sein, die Datenerfassung mit reduziertem Pitch vorzunehmen. Sofern das mAs-Produkt nicht über Vorwahl des effektiven mAs-Produkts automatisch angepasst wird, ist die Reduzierung des mAs-Produkts entsprechend dem verwendeten Pitchfaktor manuell vorzunehmen.

Der Scan sollte in der Regel mit der kürzestmöglichen Rotationszeit erfolgen, sofern nicht aus anderen Gründen (erforderliche Abtastrate, Artefaktreduzierung, verfügbare Röhrenleistung) längere Rotationszeiten insgesamt vorteilhafter sind.

Neuere Geräte verfügen über Dosisautomatiken, die eine Anpassung der Aufnahmeparameter an die Form und die Strahlentransparenz der jeweiligen Untersuchungsregion vornehmen. Wegen der damit erzielbaren Dosisreduktion sollten diese Möglichkeiten unbedingt genutzt werden.

Bei primär isodensen oder in der Dichte schwer abzugrenzenden Gewebearten und Organstrukturen ist eine Differenzierung durch Kontrastmittelgabe herbeizuführen (z.B. Verdauungstrakt, Gefäße, parenchymatöse Organe, Tumoren).

Zur Rekonstruktion können unterschiedliche Faltungskerne eingesetzt werden. Von der untersuchten Körperregion und der ärztlichen Fragestellung hängt es ab, ob ein leicht glättender, ein konturverstärkender oder ein spezieller Faltungskern gewählt wird. Rauschglättung oder Feinstrukturakzentuierung beeinflussen die diagnostische Aussagemöglichkeit. Für die einzelnen Gewebe und Körperregionen bieten organbezogene Rekonstruktionsparameter günstige Voraussetzungen.

Zur Verbesserung multiplanarer Darstellungen empfiehlt es sich, die Schichtrekonstruktion überlappend vorzunehmen. Der Abstand der rekonstruierten Schichten („Rekonstruktionsinkrement“) sollte halb so groß wie die jeweilige Schichtdicke gewählt werden (bei Schichtdicken von 1 mm und weniger 70-80% der Schichtdicke). Weitere mögliche Nachverarbeitungen sind Maximum Intensity Projektionen (MIP), Volume Rendering Techniken (VRT), Oberflächenrekonstruktionen (SSD) und virtuelle endoskopische Techniken. Durch diese Nachverarbeitungen können morphologische Details zum Teil anschaulicher dargestellt werden.

2.6 Bilddarstellung

Das Dichteäquivalent (Hounsfield-Einheit: HE) einer umschriebenen Region of Interest (RoI) kann zur Bildanalyse gemessen und als Mittelwert angegeben werden.

Die Schwächungswerteskala umfasst CT-Zahlen von ca. +3000 bis -1000 Hounsfield-Einheiten (HE), die bei der Bilddarstellung in mindestens 128 Graustufen übertragen werden. Dabei hängt die Zahl der Dichtewerte pro Grauton von der Fensterbreite ab. Die Fenster-technik ist eine Methode, die einen kleinen Ausschnitt der CT-Werte, den diagnostisch interessierenden Bereich, in der Grauskala von Schwarz bis Weiß abbildet und so zu einer Kontrastanhebung führt. Die einzelnen Organe und Gewebe sind bei einer charakteristischen Fensterlage und Fensterbreite optimal darzustellen und zu beurteilen. Speziell bei pathologischen Veränderungen müssen die Fensterlage und die Fensterbreite variiert werden, da hierdurch zusätzliche Informationen gewonnen werden können. Die Bilddarstellung mit Standardeinstellungen reicht diagnostisch oft nicht aus. Die unter Abschnitt 4. im Katalog der einzelnen Organregionen angegebenen Fensterwerte sind Vorschläge, die ggf. in Abhängigkeit des CT-Scanners und der Bilddokumentation angepasst werden müssen.

2.7 Bilddokumentation

Die Wiedergabe des im Fenster enthaltenen CT-Wertebereiches erfolgt meist linear, seltener nichtlinear mit spezieller Kennlinie (look-up-table). Die Darstellungsmatrix besitzt üblicherweise bis zu 1024^2 Bildelemente, muss jedoch mindestens so groß sein, wie die rekonstruierte Bildmatrix (typisch $\geq 512^2$).

Die Dokumentation, Befundung und Archivierung der Bilddaten kann mittels Film erfolgen, oder filmlos mit Monitorbefundung und elektronischer Archivierung (PACS).

Die Dokumentation zur Befundung auf Film muss die Grauwerte bei geeigneter Bildrekonstruktion und Fensterung mit möglichst geringem Informationsverlust wiedergeben. Die Formatgröße der Filmdokumentation ist so zu wählen, dass die Feinstrukturen und geringen Dichteunterschiede übersichtlich und gut erkennbar abgebildet sind. Das Computerradiogramm und die lückenlos dokumentierten Schichtbilder einer Untersuchungsserie stellen alle für die Beurteilung wichtigen Untersuchungsschritte dar. Sie sind nach Bedarf durch Ausschnittsvergrößerungen zu ergänzen. Die Bildidentifikation muss durch dauerhafte Angabe

des Namens und der Anschrift der ausführenden Stelle, des Namens, Vornamens und Geburtsdatums des Patienten und des Untersuchungsdatums, einschließlich Uhrzeit erfolgen. Bei Monitorbefundung sind die Vorgaben der gesetzlichen Regelungen einzuhalten (Monitormatrix, Leuchtdichte, Kontrast, Nachverarbeitungsfunktionen). Analog zur Filmidentifikation sind hier die erforderlichen Angaben über den DICOM-Standard zu realisieren. Eine Kontrastmittelgabe ist mit der Art der Verabreichung aufzuzeichnen.

2.8 Artefakte

Artefakte sind veränderte Muster oder nicht stochastische Störungen im rekonstruierten Bild, die im Objekt nicht vorhanden sind. Sie werden in der Regel verursacht vom untersuchten Patienten in Verbindung mit der Wahl der Aufnahmeparameter (Bewegungsartefakte, Partialvolumeneffekte, Aufhärtungseffekte u.ä.) oder durch das Meßsystem (fehlerhafte Messwertfassung, Detektorempfindlichkeitsänderung, Projektionsfehler, Kalibrierfehler, Rekonstruktionsfehler). Die Bildartefakte behindern die visuelle, vor allem aber auch die quantitative Auswertung der Computertomogramme. Zur Reduktion von Artefakten trägt auch eine korrekte und stabile Patientenlagerung bei.

2.9 Quantitative Computertomographie

Die quantitative Bestimmung des Mineralgehaltes des Knochens ermöglicht die getrennte Messung von spongiosen und kompakten Knochen mit einer ausreichenden Genauigkeit. Hierzu wird zur Umrechnung der HE-Werte in absolute Dichtewerte (g/cm^3) ein knochenäquivalentes Kalibrierphantom eingesetzt.

2.10 Angio-CT (CTA)

Bei der Darstellung arterieller, portaler und venöser Blutgefäße kommt zunehmend an Stelle der Angiographie (Digitale Subtraktions Angiographie - DSA) die Angio-CT (CTA) zum Einsatz. Bei großen Gefäßen, wie z.B. in der Abklärung der zentralen Lungenembolie oder Erkrankungen der Aorta (Verschluss, Dissektion, Aneurysma) wird die CTA bereits seit mehreren Jahren angewandt. Die Untersuchung kleinerer Gefäße, die nicht senkrecht durch eine CT-Schicht verlaufen, ist erst mit der Verbreitung der Multi-Detektor-CT Technik möglich geworden. Zur Zeit stehen Geräte mit 2 bis 64 Zeilen zur Verfügung. Voraussetzung ist ein dem Kontrastmittelbolus angepasster optimierter Untersuchungszeitpunkt. Dies kann am besten durch eine automatische Boluserkennung in dem interessierenden Gefäß erreicht werden (z.B. automatischer Start bei > 100 HU Gefäßkontrast). Die zu untersuchende Körperregion muss hinreichend schnell untersucht werden (meist < 20 sec). Hierzu sind besonders Geräte mit 4 oder mehr Zeilen sowie Rotationszeiten $< 1 \text{ sec}/360^\circ$ geeignet. Zur Darstellung kleinerer Gefäße, die in beliebiger Richtung durch das Untersuchungsvolumen verlaufen, ist eine isotrope räumliche Auflösung erforderlich. Dies erfordert bei der Akquisition in der Regel Kollimationen zwischen 0,5 und 1 mm. Die Rekonstruktion der Schichten aus den Rohdaten sollte mit einer Überlappung von ca. 30 Prozent erfolgen. Aus diesen Dünnschichten werden dann, angepasst an die Fragestellung, zur Befundung Schichten mit 3 bis 5 mm Schichtdicke axial oder mittels multiplanarer Rekonstruktionen (MPR) sagittal, koronar oder oblique rekonstruiert. Gegebenenfalls kommen weitere 3D-Rekonstruktionen wie Maximum Intensity Projection (MIP) zur Anwendung. Da die Datensätze solcher CTA Untersuchungen meist aus mehreren hundert Schichten bestehen, kommen zur Nachverarbeitungen und Befundung nur geeignete Workstations in Frage.

Folgende Fragestellungen bzw. Gefäßregionen werden zur Zeit mittels CTA routinemäßig abgeklärt (Liste ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- zerebrale Aneurysmen
- Hirnvenenthrombose
- supraaortale Arterien und Venen
- Cavathrombose oder –verschluss
- Lungenembolie
- Anomalien des Lungenkreislaufs
- viszerale Gefäße (arteriell, portal, venös)
- Nierenarterien und –venen
- Aortenerkrankungen (Verschluss, Stenose, Aneurysma, Dissektion), Anomalien
- große periphere Arterien und Venen

Die CTA der Koronararterien ist noch Gegenstand wissenschaftlicher Studien. Sie kann zur Zeit die diagnostische Koronarangiographie noch nicht vollständig ersetzen.

3. Schematische Übersicht der Qualitätsanforderungen in der Computertomographie

3.1 Ärztliche Qualitätsanforderungen

1. Anfertigung eines Computerradiogramms (Übersichtsbildes) des zu untersuchenden Körperabschnittes zur orientierenden Darstellung, Lokalisationshilfe sowie Einstellung und Markierung der Schichtebenen.
2. Übersichtsdarstellung in lückenlosen Computertomogrammen mit den diagnostisch wichtigen Dichteunterschieden und Organstrukturen des Körperabschnittes.
3. Spezielle Darstellung der Organe und Gewebe eines Körperabschnittes mit Unterscheidung in
 - Bildmerkmale, die regionale Dichteunterschiede und organtypische Strukturen beschreiben
 - wichtige Details, die die diagnoserelevanten Feinstrukturen und Dichtemuster aufführen
 - kritische Elemente, die als Bildinhalt für die diagnostische Erkennung feiner Veränderungen bedeutsam und für die Qualität der computertomographischen Untersuchung wesentlich sind.

3.2 Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation

- Computerradiogramm (Übersichtsbild) zur Einstellung, Festlegung und Markierung der Schnittebenen
- Lagerung des Patienten und Einstellung der Gantry (Gantrystellung in Winkelgraden angeben); Angabe der Liegendposition
- Fakultative Kontrastmittelgabe: Kontrastfüllung des Verdauungstraktes (oral oder rektal) und von Hohlorganen oder Hohlräumen, Kontrastmitteldarstellung von Gefäßen und Parenchym durch Bolusinjektion oder i.v.-Infusion

Gewichteter CTDI: der $CTDI_w$ (in mGy) wird angegeben für Untersuchungen am Körperstamm bezogen auf ein PMMA-Phantom mit 32 cm und am Kopf bezogen auf ein PMMA-Phantom mit 16 cm Durchmesser.

— Dosislängenprodukt der gesamten Untersuchung: das DLP (in $mGy \cdot cm$) ermöglicht die Abschätzung der Strahlenexposition des Patienten auf Grund einer durchgeführten Untersuchung. Nach Möglichkeit sollte das DLP unterteilt nach Einzelserien angegeben werden.

— Expositionszeit in Sekunden bei sequentieller Scannweise, Rotationszeit in Sekunden bei Spiralmodus

— Schichtkollimation in mm und Anzahl gleichzeitig aufgenommener Schichten

— Tischvorschub bei sequentieller Scannweise bzw. Pitch bei Spiralmodus

Schichtdicke in mm

— Fenstereinstellung

— Bildrekonstruktion

Field of View, Faltungskern, Zoomfaktor

Fensterlage in HE

Fensterbreite in HE

— Bildnachverarbeitung

Vergrößerung, Histogramm, Dichteprofilsschnitt, Zeitdichtekurve, ROI-Technik.

Bildaddition, Art der multiplanaren Rekonstruktionen oder 3D-Rekonstruktionen.

— Bilddokumentation auf Film oder digital in den diagnostisch wichtigen Graustufenbereichen. Einzelbildgröße, Format der Bildserie und Anzahl der Bilder müssen eine nachträgliche einwandfreie Beurteilung ermöglichen

— Dokumentation der aufnahmetechnischen und personenbezogenen Daten: Patientenidentifikation (Name, Geburtsdatum, überweisende Institution), Institutsidentifikation, untersuchungstechnische Angaben: Position der Schichtebene, Schichtdicke, Bildnummer, Fensterbreite, Fensterlage, Kontrastmittelgabe und nach Möglichkeit die Expositionsparameter

3.3 Ärztliche Qualitätsanforderungen bei Neugeborenen, Säuglingen, Kindern und Jugendlichen

Die Computertomographie sollte bei pädiatrischen Patienten nur dann eingesetzt werden, wenn andere Schnittbildverfahren, wie die Sonographie oder Magnetresonanztomographie nicht zielführend sind. Vor Beginn der CT muss in jedem Einzelfall geklärt sein, ob ein Nativ-Scan ausreicht oder ob eine Kontrastmittel unterstützte Untersuchung allein oder zusätzlich durchgeführt wird. Ferner sollte bei nicht kooperierenden Patienten (bis zum 8. Lebensjahr) klar sein, ob eine Sedierung ausreicht oder sogar mit einem in der Kinderanästhesie erfahrenen Kollegin/ Kollegen eine Intubationsnarkose mit Atemstillstand durchgeführt werden muss. Unabhängig davon sollte auch immer bei scheinbar kooperativen Patienten im Alter zwischen 5 und 10 Jahren oder bei Patienten mit mentaler Retardierung eine ausreichende

Immobilisation vorgenommen werden. Eine genaue Erklärung des Untersuchungsablaufs für die kleinen pädiatrischen Patienten und deren Begleitpersonen ist wesentlich für das Gelingen der Untersuchung und eine hohe Ergebnisqualität.

Intravenöse KM-Injektionen sollten über stamznahe Venen der oberen Extremität mit ausreichender Kanülengröße (mindesten 22g, besser 20g), welche ein Flowrate von $\geq 2,0$ ml/s erlauben, durchgeführt werden. KM-Menge, Flowrate und Delay müssen bei Mehrschichtgeräten an die wesentlich kürzeren Kreislaufzeiten pädiatrischer Patienten angepasst werden.

Auf exakte Lagerung des Patienten oder von Körperabschnitten ist zu achten (Kopflagerung außerhalb der Gantry beim Scanvorgang bei Untersuchungen der oberen Extremität). Entfernen aller Artefakt produzierender Gegenstände am Patienten, z.B. Ohrringe, Zahnspannen, Druckköpfe von „Babybodys“ oder untersuchungstechnischer Gegenstände, z.B. Elektrodenkabel, KM-gefüllte Katheter etc. aus der Gantry und über die ganze Länge des zu scannenden Körperabschnitts.

Das Übersichtsradiogramm zur Scanplanung sollte mit ausreichender Scanlänge (nicht zu lang, aber auch nicht zu kurz!) mit dem geringsten Röhrenstrom und der niedrigsten Röhrenspannung angefertigt werden.

Wenn immer möglich, sollten unmittelbar benachbarte strahlenempfindliche Organe, z.B. Augenlinsen bei einem CCT, nicht direkt bestrahlt werden. Bei Spiralscans ist die Verlängerung des Scanbereichs („Overranging“) mit einzurechnen, insbesondere bei Mehrschichtgeräten mit 16 und mehr gleichzeitig erfassten Schichten. Fehlende Kippmöglichkeit der Gantry mancher Geräte beim CCT ist zu berücksichtigen, was durch leichte Kopfbeugung kompensiert werden kann.

Wahl der Scanparameter in Abhängigkeit von Körpergewicht (im Rumpfbereich) bzw. Lebensalter (im Kopfbereich) vornehmen, z.B. Reduzierung des mAs-Produkts, ausgehend von den optimierten Erwachsenenereinstellungen, proportional zu „Körpergewicht (in kg) + 5“. Pitcheinstellungen < 1 vermeiden (außer bei Mehrschichtgeräten mit sog. „z-Filterung“). Bei KM-unterstützten Untersuchungen, insbesondere zur Darstellung sehr kleiner Gefäßdurchmesser, die niedrigstmögliche Schichtdickeneinstellung verwenden.

Mehrfachspiralen bzw. Spätskans sollten unbedingt unterlassen werden. Eine Eingrenzung des untersuchten Körpervolumens, z.B. Leber und nicht ganzes Abdomen, ist vorzunehmen, wenn es ausschließlich um die Leber geht.

Anpassung der Fensterung an die in den verschiedenen Lebensalter unterschiedliche Dichte parenchymatöser Organe. Diese ist sehr stark altersabhängig. So muss man z.B. die Lungen von Säuglingen und Kleinkindern mit deutlich engerer Fensterweite beurteilen als die Erwachsener.

B Katalog spezifischer ärztlicher und aufnahmetechnischer Qualitätsanforderungen

Thorax

I. Ärztliche Qualitätsanforderungen

1. Computerradiogramm ap/pa (Übersichtsbild) mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen.
2. Übersichtsdarstellung des Thorax
 - Anpassung des Field of View an den maximalen Thoraxdurchmesser
 - Abbildung vom cervico-thorakalen Übergang bis zu den dorsalen Zwerchfellrecessus
 - Gleichbleibende Atemlage, in der Regel in Inspiration
 - Lückenlose Schichtfolge
 - Abhängig von der Fragestellung sind Schichtdicke, geeignete Fensterung, Faltungskerne, Messfeldausschnitte und Teilbereichsrekonstruktionen (Zoomfaktor) zu wählen
 - Zur Differenzierung der Gefäße von der Umgebung erfolgt ggf. eine der Fragestellung angepasste möglichst maschinelle KM-Injektion (bei Säuglingen und Kleinkindern besser Handinjektion). Zur Vermeidung von Bildartefakten durch den KM-Einstrom im Bereich des Schultergürtels ist bei KM-Untersuchungen eine caudo-craniale Schichtfolge zu bevorzugen.

Kommentar [KS1]: Fensterung, Faltungskern umstellen

3. Spezielle Darstellungen

3.1 Lunge

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung der Lungengefäße bis in die Peripherie und der Bronchien mit ihren Verzweigungen verlaufsabhängig im Lungenkern
- Lungendichte abhängig von der Atemlage und dem Alter des Patienten
- Differenzierung der Hilusstrukturen (Gefäße, Bronchien und Lymphknoten) durch ausreichende Kontrastmittelgabe zur Anhebung des Gefäßkontrastes
- Abgrenzung im Pleuralbereich: kostal, mediastinal, diaphragmal

Hochauflösende Computertomographie:

(Schichtdicke möglichst ≤ 1 mm, kantenbetonter Faltungskern):

In Abhängigkeit der Fragestellung:

aa) inkrementell mit 10 – 20 mm Lücke zwischen zwei Schichten (z.B. zur Differenzierung von Lungengerüsterkrankungen oder entzündlicher Prozesse)

bb) als Spiral-CT mit lückenloser Schichtfolge. Hierzu sind am besten Multischicht-CT-Scanner geeignet (z.B. zur Erfassung kleiner Rundherde oder Emphyseblasen)

Lobuläre Arterien, interlobuläre Septen, interstitielle Verdickungen

Wichtige Bilddetails:

(bei Größenbeurteilung Partialvolumeneffekt beachten)

- Rundlicher Einzelschatten < 2 mm, bei pädiatrischen Patienten ≤ 1 mm

Kritische Bildelemente:

- kleine periphere Gefäße
- noduläre Verdichtungen (Größe, Lage, Anordnung)
- intranoduläre Verkalkungen
- Bronchuswandverdickungen und Bronchuserweiterungen
- Hohlräume mit der Art der Begrenzung
- Anordnung von Pleuraveränderungen.

3.2 *Mediastinum*

Charakteristische Bildmerkmale:

- Erkennung der pleuro-mediastinalen Grenzen
- Vorderes Mediastinum mit supraaortalen Arterien, der V. cava superior mit den brachiocephalen Ästen und V. azygos
- Aorta ascendens, Aortenbogen und Aorta descendens (Lage, Weite, Wand, intraluminale Struktur)
- Arteria pulmonalis mit rechtem und linkem Hauptast
 - Trachea mit Hauptbronchien und Segmentbronchien
 - Thymus abhängig vom Alter
- Lymphknoten paratracheal, retrosternal, paravertebral, subcarinal
- Differenzierung Gefäße vs. Lymphknoten nach KM-Bolusinjektion
- Erkennbarkeit von Oesophagus, perioesophagealem und retrokardialem Gewebe, retrosternalem Gewebe und paravertebralem Raum
- Zwerchfell und Zwerchfellschenkel

Wichtige Bilddetails:

5 — 10 mm, bei pädiatrischen Patienten 1 – 5 mm

Kritische Bildelemente:

- Kleine mediastinale Verdichtungen, Weite und Wand der Gefäße

- Dichteunterschiede in den Gefäßen
- Trachea mit paratrachealem Gewebe
- Trachealbifurkation mit Lymphknotenregionen
- Paravertebrale und retrosternale Verdichtungen

3.3 Thoraxwand

Charakteristische Bildmerkmale:

- Pleura, pleurale Grenzen, Knochenstrukturen von Rippen und Sternum, Weichteile mit Muskulatur

3.4 Herz

Charakteristische Bildmerkmale:

- Abgrenzung der Herzkontur, des Perikards, epikardiales Fettgewebe, parakardialer Bereich, Dicke der Herzwände und Septen
- Bei spezieller Fragestellung bolusartige KM-Injektion mit rascher Schichtfolge: Einblick in Größe und Form der Herzhöhlen
- Herzwanddicke

II. Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation

- Lagerung und Einstellung: zentrische Rückenlage (selten auch Bauch- oder Seitenlage), Arme möglichst über dem Kopf gelagert
- Computerradiogramm (Übersichtsbild) mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen
- Intravenöse Kontrastmittelverabreichung zur Darstellung der Gefäße

Kommentar [KS2]: angleichen an die anderen Organprotokolle!

--- Röhrenspannung 110 — 130 kV
--- pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 80 -100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 - 120 kV

--- mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte)

— Messzeit: ≤ 2 sec/360° Rotation, bei pädiatrischen Patienten ≤ 1 sec/360°

— Schichtdicke (Bilddarstellung): 5-8 mm,

--- pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 0,5 -1,5 mm, bei Kindern 1 – 5 Jahre 0,5 – 3 mm

hochauflösendes CT (HR-CT) : 1 — 2 mm

— Schichtfolge: lückenlos, hochauflösendes CT (HR-CT) gegebenenfalls 10 bis 20 mm Abstand

— Fensterlage, lufthaltige Lunge -800 bis -400 HE, Weichteile +4 bis +60 HE, Fensterbreite, lufthaltige Lunge 1000 bis 2000 HE, Weichteile 350 bis 500 HE, Fensterlage, Mediastinum +40 bis +60 HE,

Bilddarstellung: Acquisitionsmatrix aber mindestens 512²

Hochauflösende CT (HR-CT) gegebenenfalls Rekonstruktion beider Lungenhälften

Bildrekonstruktion:

organspezifische Parameter. In jedem Fall sollten zur Beurteilung der Lunge ein kantenbetonter Faltungskern, zur Beurteilung der Weichteile ein glättender Faltungskern verwendet werden.

— ggf. MPR-Rekonstruktionen coronar, sagittal oder oblique (z.B. zur Abklärung von Lungenembolien, Bronchiektasen)

— Bilddokumentation: lückenlose Bildserie im Lungen- und Weichteilfenster

— Spezielle Techniken: dynamisches CT

Abdomen

I. Ärztliche Qualitätsanforderungen

1. Computerradiogramm (Übersichtsbild) des Abdomens mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen

2. Übersichtsdarstellung des Abdomens

— Von der Zwerchfellkuppel bis zum Beckenboden mit lückenlosen Schichten in möglichst gleicher Atemlage

— Abhängig von der Fragestellung Begrenzung auf einen Teil des Abdomens

— Zur besseren Unterscheidung der Strukturen: Orale Kontrastierung des Magens, Dünn- und Dickdarms, alleinige oder rektale Kontrastierung je nach Fragestellung

— Fensterwahl zur organbezogenen Dichtedifferenzierung und Erfassung der Organ-
grenzen von Leber, Gallenblase, Milz, Pankreas, Nieren, Nebennieren, ,

Differenzierung des Retroperitonealraumes mit paravasalem und paravertebralem Gewebe und Lymphknoten

— Erfassung der Aorta abdominalis und der Vena cava inferior, des Truncus coeliacus, der Aorta renales, der Vena portae, der Arteria und Vena esenterica, der Arteria und Vena lienasis

— Darstellung des Beckens mit Genitalorganen, Harnblase, Weichteilen, Gefäßen und Lymphknoten sowie des Beckenskeletts
Differenzierung der Gefäße und Nachbargewebe durch i.v.-Kontrastmittelgabe

— Bauchdecke mit Begrenzungen, Innenstrukturen und Dichtedifferenzen.

Organbezogene Änderung der Fenstereinstellung während des Untersuchungsablaufes zur besseren Dichteauflösung und Strukturerkennung. Die spezielle Untersuchungsstrategie wird durch die Fragestellung bestimmt.

3. Spezielle Darstellung

3.1 *Leber*

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung der gesamten Leber
- Gleichmäßige Dichte, unterbrochen durch die Struktur von Gefäßen und Ligamenten
- Leberpforte mit Ästen der Pfortader und der großen Gallengänge
- Erkennbarkeit der großen Lebervenen, der Gallenblase mit Wand und Nachbargewebe
- Nach i.v.-KM-Gabe Differenzierung der Gefäße und Verbesserung der Dichteauflösung des Leberparenchyms Ggf. zur Differenzierung von Leberherden Untersuchung in mehreren Phasen der Kontrastierung (arteriell, portalvenös, spät).

Wichtige Bilddetails:

- Strukturen < 3 mm Größe, im Niedrigkontrast 10 mm.

Kritische Bildelemente:

- Umschriebene Dichteabweichungen mit Art ihrer Begrenzung
- Erweiterung der Pfortaderäste oder Gallengänge
- Konturunregelmäßigkeiten oder umschriebene Vorwölbungen
 - Dichteänderung des Gallenblaseninhaltes und der Gallenblasenwand
 - feine Verkalkungen

3.2 *Milz*

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung der gesamten Milz
- Erkennbarkeit der Milzhilusgefäße
- Verhalten zu den Nachbargeweben wie Pankreasschwanz, Magenfundus und Kolon

- Dichteabweichungen in Beziehung zu den Gefäßen

Wichtige Bilddetails:
3-8 mm

Kritische Bildelemente:

- Umschriebene und segmentale Dichteänderungen einzeln oder disseminiert
- Veränderungen der Kontur zu den Nachbarorganen

3.3 Pankreas

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung des gesamten Pankreas mit den Konturen von Pankreaskopf, -körper und -schwanz (abhängig vom retroperitonealem Fettgewebe)
- Abgrenzungen und Identifikation der Nachbarorgane (Magen, Duodenum, Leber, Milz, Nebennieren, Niere)
- Gute Erkennbarkeit des D. choledochus
- Abgrenzung der Arteria und Vena lienalis und der Arteria mesenterica superior, der Vena cava inferior und der Vena mesenterica superior
- Nach i.v.-KM-Injektion ausreichende Kontrastierung des Pankreasparenchyms, ggf. dünnere Schichten zur Erfassung des Pankreasganges; Bei Verdacht auf Pankreaskarzinom ggf. Untersuchung in 2 Phasen der Kontrastierung (arteriell und portalvenös)

Wichtige Bilddetails:
3 — 8 mm

Kritische Bildelemente:

- Geringe umschriebene Dichteänderungen
- Erkennbarkeit des D. pancreaticus und choledochus
 - Umschriebene Konturänderungen
 - Verkalkungen

II. Angaben zur Untersuchungstechnik und Dokumentation

(Leber, Milz, Pankreas)

- Lagerung und Einstellung: zentrische Rückenlage, möglichst gleiche Atemlage

- Computerradiogramm (Übersichtsbild) mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen
- Kontrastmittelgabe in der Regel oral zur Kontrastierung von Magen, Dünn- und Dickdarm, gegebenenfalls rektale Kontrastierung des Dickdarms
- Aufnahmespannung: 110 — 130 kV, pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
- mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte)
- Messzeit ≤ 2 sec/360° Rotation, bei pädiatrischen Patienten ≤ 1 sec/360°
- Schichtdicke: 3- 8 mm, zur höheren Ortsauflösung 0,5 - 2 mm --- pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 0,5 -1,5 mm, bei Kindern 1 – 5 Jahre 0,5 – 3 mm
- Schichtfolge: lückenlos
- Fenstereinstellung: Fensterlage: Leber +60 HE, Pankreas +45 HE, Fensterbreite: 200 HE bis 600 HE
- Bildrekonstruktion: organspezifische Parameter, gegebenenfalls MPR-Rekonstruktion in angepasster Schnitfführung
- Kontrastmittelgabe zur Gefäßdarstellung oder Parenchymdifferenzierung (Bolusinjektion)
- spezielle Techniken: dynamisches CT nach Kontrastmittel-Bolusinjektion.

Nieren, Nebennieren, Retroperitonealraum

I. Ärztliche Qualitätsanforderungen

1 Nieren

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung der Nieren mit Randkontur und Nierenpolen
- Homogene Parenchymdarstellung
- Perirenalraum mit Faszien
- Abgrenzung des Nierenbeckens und der Kelche mit peripelvinem Gewebe
- Nierenhilus mit Gefäßen

- Nach Kontrastmittelgabe: Differenzierung in Nierenrinde, Markpyramiden, Nierenkelche, Nierenbecken und Harnleiter

Wichtige Bilddetails:

3 — 8 mm

Kritische Bildelemente:

- Geringe Dichteunterschiede im Nierenparenchym
- Art der Randkontur der Niere
- Kleine Verdichtungen im peripelvinen und perirenaln Raum
- Kleine Verkalkungen

2 *Nebennieren*

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung der Nebennieren in ihrer variablen Form in dünneren Schichten (2 — 4 mm)
- Begrenzung und Konturverlauf
- Erfassung der Dichte und umschriebener Dichteänderungen sowie Verkalkungen
- Abgrenzung zu den Nachbargeweben (Niere, Nierengefäße, Pankreas, Milzgefäße, V. cava inferior, perirenales Gewebe)

Wichtige Bilddetails:

3 – 8 mm

Kritische Bildelemente:

- Erfassung der Form und Begrenzung der Nebennieren
- Umschriebene geringe Dichteänderungen

3 Retroperitonealraum und große abdominale Gefäße

Charakteristische Bildmerkmale:

- Abbildung des Retroperitonealraumes vom Zwerchfell bis zum Beckenboden
- Erkennbarkeit von vergrößerten Lymphknoten retroperitoneal, paravasal, paravertebral, retrocrural und in der Nachbarschaft von Niere, Leber, Milz und Mesenterium
- Erfassung von Weichteilstrukturen peri- und pararenal, perivascular und praevertebral

- Darstellung der Aorta, des Abganges und des Verlaufes ihrer Äste
- Weitere Differenzierung der Arterien nach Kontrastmittelinjektion im Hinblick auf Wandbeschaffenheit und Lumenweite
- Erfassung der V. cava inferior und ihrer Zuflüsse, insbesondere der Vv. renales

Wichtige Bilddetails:
3 – 8 mm

Kritische Bildelemente:

- Differenzierung von kleinen weichteildichten Strukturen (Lymphknoten, Gefäße, nicht kontrastierter Dünndarm)
- Erkennung intraluminale Gefäßveränderungen

II. Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation

- Lagerung und Einstellung: Rückenlage, keine Gantry-Kippung, möglichst gleiche Atemlage
- Computerradiogramm (Übersichtsbild): übersichtliche Darstellung des gesamten Abdomens mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen
- Kontrastmittelgabe: bei Untersuchungen des Retroperitonealraumes ist die orale Kontrastierung des Verdauungstraktes in der Regel notwendig, bei gezielten Untersuchungen der Nebennieren kann darauf verzichtet werden. Bei Untersuchung der Niere mit Kontrastmittel ist vorher meist eine Nativ-Untersuchung der Nieren angebracht.
- Aufnahmespannung: 110 — 130 kV pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
- mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte)
- Messzeit ≤ 2 sec/360° Rotation, bei pädiatrischen Patienten ≤ 1 sec/360°
- Schichtdicke: 5 — 10 mm (Nebennieren: 2 — 4 mm) --- pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 0,5 -1,5 mm, bei Kindern 1 – 5 Jahre 0,5 – 3 mm
- Schichtfolge: lückenlose Schichten
- Fenstereinstellung: +40 HE, Fensterbreite 150 — 400 HE

- Bildrekonstruktion: organspezifische Parameter, gegebenenfalls MPR Rekonstruktion in angepasster Schnittführung
- Spezielle Techniken: Dynamisches CT nach bolusartiger Kontrastmittelinjektion

Becken

I. Ärztliche Qualitätsanforderungen

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung von der Aortenbifurkation bis zum Beckenboden
- Abgrenzung der gefüllten Harnblase und der Harnblasenwand mit perivesikalem Bereich
- Erkennung des Uterus mit Portio und parametranem Gewebe
- Abbildung der Prostata und Samenblasen mit Begrenzungen
- Erkennung des Rektums mit Rektumwand und perirektalem Gewebe
- Zuordnung der Arterien und Venen und Differenzierung ihrer Dichte
- Unterscheidung der Weichteilstrukturen und der vergrößerten Lymphknoten
- Darstellung des Beckenskelettes, der Ilio-Sakral-Gelenke und der Hüftgelenke
- Erfassung von Veränderungen der Knochenstruktur und der anliegenden Weichteile
- Abgrenzung der Beckenmuskulatur und Beckenwand
- Erkennung der Ureteren nach i.v.-Kontrastmittelgabe

Wichtige Bilddetails:
3 – 8 mm

Kritische Bildelemente:

- Differenzierung der Beckenweichteile mit Gefäßen, Ligamentum teres und den Lymphknoten
- Erkennung der Ureteren im kleinen Becken
- Dichtedifferenzierung von Prostata, Uterus, Rektumwand, pararektalem und praesakralen Gewebe

II. Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation

- Lagerung und Einstellung: zentrische Rückenlage
- Computerradiogramm (Übersichtsbild) mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen
- Kontrastmittelgabe: Orale Füllung von Rektum und Dickdarm oder rektale Auffüllung, ggf. Scheidenmarkierung (Tampon)
- Intravenöse Gabe eines nierengängigen Kontrastmittels zur Darstellung der großen Arterien und Venen des Beckens, der Harnblase und der Ureteren
 - Aufnahmespannung: 110 — 130 kV—
 - mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte)
- Messzeit ≤ 2 sec/360° Rotation
- Schichtdicke: 5 – 10 mm
- Schichtfolge: lückenlos
Fenstereinstellung:
 - Fensterlage +50 HE, Fensterbreite: 200 — 600 HE (Weichteile)
 - Fensterlage: +600 HE bis +800 HE, Fensterbreite: 2000 - 4000 HE (Knochen)
- Bildrekonstruktion: organspezifische Parameter, gegebenenfalls MPR Rekonstruktion in angepasster Schnittführung

Schädel

I. Ärztliche Qualitätsanforderungen

Computerradiogramm in lateraler Projektion (Übersichtsbild), mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen

1 Hirnschädel

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung des gesamten Gehirns vom Foramen magnum bis über die Mantelkante
- Darstellung der äußeren und inneren Liquorräume von Großhirn, Kleinhirn und Hirnstamm, Form, Größe und Begrenzung der Ventrikel
- Entsprechend der klinischen Fragestellung auch hochauflösende Darstellung der knöchernen Strukturen von Schädelbasis und Kalotte
- Nach Kontrastmittelgabe: Darstellung der größeren arteriellen und venösen Gefäße, Differenzierung von Strukturen mit geringen Dichteunterschieden und Störungen der Blut-Hirn-Schranke.

Wichtige Bilddetails:

Hochkontrastobjekte ≤ 1 mm

Niedrigkontrastobjekte 2 – 3 mm

Kritische Bildelemente:

- Differenzierung von weißer und grauer Substanz einschließlich der Basalganglien
- Erfassung umschriebener Dichteänderungen
- Klare Abgrenzung vom umgebenden Knochen
- Nachweis feiner intrakranieller Verkalkungen
- Bei Darstellung der Knochenstrukturen Unterscheidung von kortikalem und spongiossem Knochen

pädiatrische Besonderheiten:

Darstellung der gesamten Kalotte, einschließlich der extrakraniellen Weichteile, der Schädelnähte und Synchondrosen abhängig vom Alter

2 Gesichtsschädel

Charakteristische Bildmerkmale:

- Erfassung der Weichteil- und Knochenstrukturen und der Zähne (Zahnanlagen) des gesamten Gesichtsschädels, beginnend vom Kinn bis zum Oberrand der Stirnhöhle; bei Nasennebenhöhlendarstellung beginnend ab Oberkiefer
- Darstellung der Weichteilstrukturen, der luftgefüllten Kompartimente der Nase und Nasennebenhöhlen sowie der Knochenstrukturen
- Nach Kontrastmittelgabe Darstellung der größeren Gefäße
- Darstellung von lokalen Dichteänderungen und Raumforderungen

Wichtige Bilddetails:

- Bei Darstellung von Niedrigkontrastobjekten 2 — 3 mm, bei Darstellung von Hochkontrastobjekten ≤ 2 mm

Kritische Bildelemente:

- Nachweis umschriebener Form- und Dichteänderungen, Intaktheit der knöchernen Elemente speziell der Wände der NNH

3 Felsenbeine

Charakteristische Bildmerkmale:

- Abbildung der knöchernen Strukturen der gesamten Pyramide einschließlich des inneren und äußeren Gehörganges sowie des gesamten Mastoids.

- Erkennbarkeit der Innenohrstrukturen sowie der Gehörknöchelchen
- Beurteilung der luftgefüllten Räume von Mittelohr und Mastoid

Wichtige Bilddetails:

Bei Darstellung von Hochkontrastobjekten ≤ 1 mm

Kritische Bildelemente:

- Strukturen des Innenohrs
- Gehörknöchelchen
- feine Knochenstrukturänderungen

4 Schädelbasis

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung der ossären Strukturen der Schädelbasis mit den Foramina und Fissuren
- Nachweis veränderter Weichteilstrukturen, insbesondere in den benachbarten Anteilen der NNH, der Sella und des Foramen magnum

Wichtige Bilddetails:

Bei Darstellung von Hochkontrastobjekten ≤ 1 mm

Kritische Bildelemente:

- Die Knochenstrukturen im Bereich der Frontobasis, des Canalis opticus und des Orbitadaches
- Begrenzung der Stirnhöhlenvorder- und -hinterwand, des Sinus sphenoidalis und Sinus ethmoidalis

5 Orbita

Charakteristische Bildmerkmale:

- Bulbus, Nervus opticus, Augenmuskeln und Gefäße
- Abgrenzbarkeit des retrobulbären Fettes
- knöcherne Begrenzung der Orbita
- Canalis opticus

- Lagerung und Einstellung: Rückenlage exakt symmetrisch, Schichtneigung etwa parallel zur Infraorbitomeatallinie
- Computerradiogramm (Übersichtsbild), mit Einzeichnung der Schichtebene
- Kontrastmittelgabe: entsprechend der klinischen Fragestellung Gabe von KM i.v.
- Röhrenspannung: 110 — 130 kV, pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
- mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte); bei primärer Knochendarstellung Reduktion des mAs Wertes

- Messzeit: ≤ 2 sec/360° Rotation
- Schichtdicke: 2 mm (bei sekundären Rekonstruktionen ≤ 2 mm)
- Schichtfolge: lückenlos
- Fenstereinstellung: +40 HE, Fensterbreite 100 — 600 HE (Weichteile)
- +400 HE bis +800 HE, Fensterbreite 1800-4000 HE (Knochen)
- Bildrekonstruktion: organspezifische Parameter, gegebenenfalls MPR/MIP und 3D

3 *Felsenbeine*

- Lagerung und Einstellung: Rückenlage, exakt symmetrisch
- Computerradiogramm in lateraler Projektion(Übersichtsbild), mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen
- Kontrastmittelgabe: In der Regel nicht notwendig
- Augenabdeckung
- Röhrenspannung: 110 — 130 kV pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
- mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte),daHochkontrastobjekt, low dose Protokolle

- Messzeit: ≤ 2 sec/360° Rotation
- Schichtdicke: ≤ 2 mm mit lückenloser Schichtfolge
- Fenstereinstellung: Fensterlage +800 HE, Fensterbreite 4000 HE
- Bildrekonstruktion: Hochauflösender Rekonstruktionsalgorithmus, selektive rechnerische Vergrößerung der Mittel- und Innenohrstrukturen, koronare MPR

4 *Schädelbasis*

- Lagerung und Einstellung: Rückenlage, Kippung der Schichtebene parallel zur Frontobasis, exakt symmetrisch
- Computerradiogramm in lateraler Projektion (Übersichtsbild): mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen
- Kontrastmittelgabe
-Röhrenspannung: 110 — 130 kV pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
 - mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte), bei primärer Knochendarstellung Reduktion des mAs Wertes
- Messzeit: ≤ 2 sec/360° Rotation
- Schichtdicke: ≤ 2 mm mit lückenloser Schichtfolge
- Fenstereinstellung: Fensterlage +400 HE bis 800 HE, Fensterbreite 1800 bis 4000 HE
- Bildrekonstruktion: Hochauflösender Rekonstruktionsalgorithmus
- Spezielle Technik: intrathekale KM-Gabe (CT-Cisternographie)

5 Orbita

- Lagerung und Einstellung: Rückenlage, exakt symmetrisch, parallel zur Frontobasis
- Computerradiogramm in lateraler Projektion (Übersichtsbild): mit und ohne Aufzeichnung der Schichtebenen
- Kontrastmittelgabe: In Abhängigkeit von der Fragestellung KM i.v.-
 - Röhrenspannung: 110 — 130 kV
 - mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte)
- Messzeit: ≤ 2 sec/360° Rotation
- Schichtdicke zur Ansicht: 2 — 3 mm (Rekonstruktionen: ≤ 2 —3 mm), Schichtfolge: lückenlos
- Fenstereinstellung: Fensterlage +40 HE, Fensterbreite 200 bis 600 HE
- Bildrekonstruktion: von der Fragestellung abhängiger Faltungskern, gegebenenfalls MPR in angepaßter Schnitfführung

Wirbelsäule

I. Ärztliche Qualitätsanforderungen

— Computerradiogramm (Übersichtsbild): Vollständige Darstellung des untersuchten WS-Abschnittes, eindeutige Höhenlokalisierung, mit und ohne Einzeichnung der Schichtebenen

Charakteristische Bildmerkmale:

- Darstellung der gesamten Wirbel mit umgebenden paravertebralen Weichteilen
- Nachweis von Form und Weite des Spinalkanals mit den Recessus laterales und den Wirbelbogengelenken
- Abbildungen des Duralsacks mit Myelon, Cauda equina, Nervenwurzeln, der Ligamente und des epiduralen Fettgewebes

- Nach Kontrastmittelgabe intrathekal: Differenzierung des Myelon, der Cauda equina und der Nervenwurzeln

Wichtige Bilddetails:

Hochkontrastobjekte ≤ 1 mm

Niedrigkontrastobjekte 2 — 3 mm

Kritische Bildelemente:

- Erfassung der intraspinalen Weichteilstrukturen
- Dichteunterschied zwischen Bandscheibengewebe und Nervenwurzeln sowie Dura
- Form der Bandscheibe
- Weite des Spinalkanals

II. Angaben zu Untersuchungstechnik und Dokumentation

1. *HWS*

- Lagerung und Einstellung: Untersuchung in Rückenlage. Bei Fragestellungen der Bandscheibe Schichtneigung parallel zur Bandscheibe des untersuchten Segmentes. Bei anderen Fragestellungen Untersuchung des gesamten Bereiches in gleicher Schichtneigung
 - Röhrenspannung: 110 — 130 kV pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
 - mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte); bei primärer Knochendarstellung Reduktion des mAs Wertes
- Messzeit: < 2 sec/360° Rotation

- Schichtdicke: 1,5 — 3 mm, Schichtfolge: lückenlos mit vollständiger Abbildung des gesamten untersuchten Bewegungssegmentes
 - Fenstereinstellung:
Weichteile Fensterlage +40 HE, Fensterbreite 100 bis 400 HE
Knochen Fensterlage 300 bis 800 HE, Fensterbreite 1300 bis 4000 HE
- Bildrekonstruktion: organspezifische Parameter, MPR, 3D

- Spezielle Technik: Intrathekale Kontrastmittelgabe (CT-Myelographie)

2. BWS

- Lagerung und Einstellung: Rückenlage, Schichtneigung möglichst parallel zur Bandscheibenebene
 - Röhrenspannung: 120 — 140 kV pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
 - mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte); bei primärer Knochendarstellung Reduktion des mAs Wertes
- Messzeit : < 2 sec/360° Rotation

- Schichtdicke: 1,5 — 3 mm
 - Fenstereinstellung:
Fensterlage +40 HE, Fensterbreite 100 bis 400 HE (Weichteile)
Fensterlage 300 bis 800 HE, Fensterbreite 1300 bis 4000 HE (Knochen)
 - Bildrekonstruktion: organspezifische Parameter, MPR, 3D
- Spezielle Technik: Intrathekale Kontrastmittelgabe (CT-Myelographie)

3. LWS

- Lagerung und Einstellung: Untersuchung in Rückenlage. Bei Fragestellungen der Bandscheibe Schichtneigung parallel zur Bandscheibe des untersuchten Segmentes. Bei anderen Fragestellungen Untersuchung des gesamten Bereiches in gleicher Schichtneigung

- Röhrenspannung: 110 — 130 kV pädiatrische Besonderheiten: bei Säuglingen 100 kV, bei Kindern 1 - 5 Jahre 100 -120 kV
- mAs bzw. CTDIvol angepaßt an die Fragestellung (unter Beachtung der aktuellen Referenzwerte); bei primärer Knochendarstellung Reduktion des mAs Wertes

- Messzeit: < 2 sec/360° Rotation

- Schichtdicke: 2 — 3 mm

- Schichtfolge: Lückenlose Dokumentation des gesamten Bewegungssegmentes, werden mehrere aneinander anschließende Segmente untersucht, müssen die Schichten den untersuchten Bereich vollständig darstellen
 - Fenstereinstellung:
Fensterlage +40 HE, Fensterbreite 100 bis 400 HE (Weichteile)
Fensterlage +200 HE, Fensterbreite 1500 bis 4000 HE (Knochen)

- Spezielle Technik: Intrathekale Kontrastmittelgabe (CT-Myelographie)
 - Bildrekonstruktion: organspezifische Parameter, MPR, 3D

C Anhang

Liste der mitwirkenden Organisationen / Personen

Deutsche Röntgengesellschaft,
Gesellschaft für Medizinische Radiologie / PD Dr. Dr. Reinhard Loose

Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie / Prof. Dr. med. Karl Schneider

Deutsche Gesellschaft für Neuroradiologie / Prof. Dr. med. H. Becker

Zentralverband Elektrotechnik und –industrie - ZVEI / Dr. Hans-Dieter Nagel

Zentraler Erfahrungsaustausch der Ärztlichen Stellen gemäß Röntgenverordnung und Strahlenschutzverordnung - ZÄS / PD Dr. Hans Hawighorst

Kassenärztliche Bundesvereinigung / Dr. rer. nat. habil. R. Pfandzelter

Bundesärztekammer / Manfred Brüggemann
