

Strahlenschutz in der Kinderradiologie

Einsatz der bildgebenden Diagnostik beim Kind

■ Das Kind keine kleinen Erwachsenen sind, gehört zum allgemeinen Wissen. Das betrifft nicht nur ihren spielerischen Drang und Sorglosigkeit, sondern auch die Empfänglichkeit gegenüber anderen Krankheitsbildern im Vergleich zu Erwachsenen.

Insbesondere Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder haben andere Körperproportionen als Adoleszente und Adulte; ihre Gewebe weisen einen höheren Wassergehalt und rascheren Stoffwechsel, hohe Mitose- und Proliferationsraten auf. Kinder und heranwachsende Jugendliche sind die Träger des Erbguts nachfolgender Generationen. Sie haben eine höhere Lebenserwartung. All diese Punkte begründen die hohe Empfindlichkeit ihres Organismus gegenüber dem schädlichen Einfluss ionisierender Strahlung. Umfangreiche Studien und Risikomodelle haben den Zusammenhang zwischen dem Einsatz der Computertomografie im Kindesalter und dem Auftreten von Leukämie sowie soliden Hirntumoren nachgewiesen. Ein Neugeborenes hat ein 10- bis 15-mal höheres Risiko, ein



Prof. Dr. Hans-Joachim Mentzel

strahleninduziertes Malignom zu entwickeln, als ein 50-jähriger Patient.

Das Bundesgesetz über Maßnahmen zum Schutz vor Gefahren durch ionisierende Strahlung (StrlSchG) regelt deren Anwendung und ist Grundlage der Arbeit des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), das verpflichtende Dosisreferenzwerte für diagnostische und interventionelle Verfahren im Kindes- und Jugendalter definiert. Empfehlun-

gen zum gezielten Einsatz der bildgebenden Diagnostik beim Kind unter Berücksichtigung von Strahlenschutz, Rechtfertigung und Effektivität werden von der Strahlenschutzkommission (SSK) ausgesprochen. Leitlinien wissenschaftlicher Fachgesellschaften wie der Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie (GPR) geben den Rahmen für die gerechtfertigte Indikation zum Einsatz ionisierender Strahlung vor und empfehlen, wann immer möglich, alternative Modalitäten bei der Bildgebung im Kindes- und Jugendalter zu nutzen. Sonografie und Magnetresonanztomografie stellen die bevorzugten Untersuchungsverfahren im Schwerpunkt Kinder- und Jugendradiologie dar.

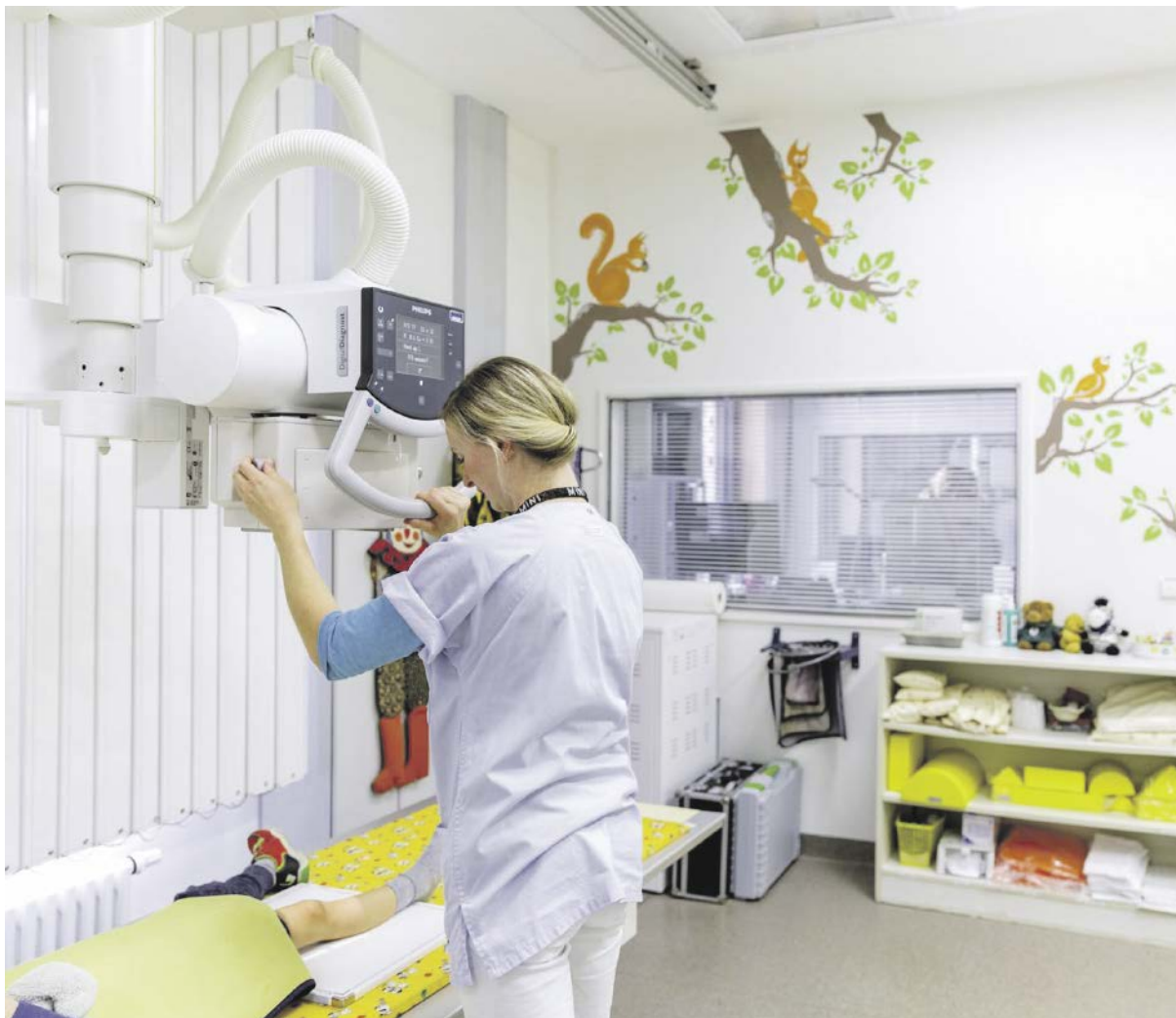
Ein gezielter und differenzierter Einsatz von Strahlenschutzmitteln, spezielle Untersuchungstechniken und deren permanente Weiterentwicklung sowie entsprechend geschultes Personal mit Verpflichtung zu stetiger Fortbildung in der Kinder- und Jugendradiologie sind Garanten für einen effektiven Strahlenschutz. Als Element

des Strahlenschutzes hat die GPR einen Pass für Bildgebung entwickelt.

Radiografie

Bei Kindern werden Röntgenaufnahmen des Thorax und des peripheren Skeletts häufig durchgeführt. Insbesondere bei Kindern ist das ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable) wichtig. Falsche Parameterwahl, fehlende Filter und fehlerhafte Einstellung der Aufnahme können zu mehr als 20-facher Dosiserhöhung führen. Es gilt, die optimale Dosis für eine diagnostische Aufnahme auszuwählen; eine zu geringe Dosis erfordert eventuell eine Wiederholung der Aufnahme und konterkariert die Bemühungen im Strahlenschutz.

Die große Spanne im Körpergewicht von 300 g bei extrem Frühgeborenen bis zu 150 kg bei Adoleszenten bzw. in der Objektdicke von unter 5 cm bis zu mehr als 25 cm bedeuten eine besondere Herausforderung für die Untersuchungstechnik. Hoch-/Mittelfrequenz-Röntgeneratoren mit kur-



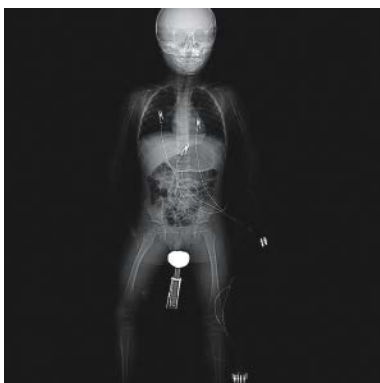
Digitale Radiografie – spezialisierte Assistenz, exakte Einstellung, geeignete Lagerungshilfen, Strahlenschutzmittel und kindgerechtes Raumklima sind wichtige Aspekte des Strahlenschutzes.



Virtuelle Raster als Ersatz zum Streustrahlenraster – Aufnahme einer 17-Jährigen mit Influenza-Pneumonie auf Intensivstation (a). Katheterstrukturen und Organgrenzen sowie Infiltrate sind ohne höhere Strahlenexposition wesentlich besser zu definieren unter Einsatz eines virtuellen Rasters (SimGrid) bei der Nachverarbeitung (b).



Computertomografie – Bismuth-Schilde als Strahlenschutzmittel für Augenlinse und Schilddrüse



Computertomografie – Fehlerhafte Anlage des Gonadenschutzes während des Planungsscans (Scout). Die Dosis wird zu hoch geregelt. Auf eine Ebene beim Scout kann häufig verzichtet werden.

zen Schaltzeiten, Röhrenspannungen von 55 kV bis 125 kV und zusätzliche Röhrenfilterung von 1 mm Aluminium und 0,2 bis 0,3 mm Kupfer sind gezielt einzusetzen. Streustrahlenraster sind aufgrund des geringen Körperdurchmessers oft nicht notwendig, virtuelle Raster enthaltende Bildverarbeitungssoftware ist zu bevorzugen und führt zu gesteigerter Bildqualität.

Wesentlichstes Element des Strahlenschutzes bleibt die optimale Positionierung des Kindes und die exakte Einblendung zur Reduktion von Primär- und Streustrahlung. Dies gilt insbesondere für den sensiblen Bereich der Neonatologie mit sehr kleinen Feldgrößen, wo strahlensensible Organe zudem sehr eng benachbart liegen. Mittlerweile ist auch in der Neonatologie der Einsatz von Detektoren etabliert. Die kleinen Kassetten sind unter dem Neugeborenen zu platzieren, nur bei instabilen Kindern ist der Inkubatoreinschub zu verwenden, da mit diesem schlechtere Bildgeometrie und höherer Dosisbedarf verbunden sind. Thoraxröntgenaufnahmen bei Säuglingen und Kleinkindern werden in anterior-posteriorem Strahlengang

angefertigt, um den sich in der Wirbelsäule befindlichen Hauptanteil blutbildenden Knochenmarks möglichst zu schonen.

Fluoroskopie

Häufigste Durchleuchtungsuntersuchung ist in vielen kinderradiologischen Abteilungen weiter die Miktionszysturographie (MCU), gefolgt von Untersuchungen des Magen-Darm-Traktes, selten sind Gefäßuntersuchungen. Aufgrund des hohen Dosisbedarfs ist in der Fluoroskopie den Kindern der Zugang zur modernsten Technik zu ermöglichen. Großen Einfluss auf die Strahlenexposition haben neben der Technik insbesondere die Erfahrung des Kinderradiologen und der Assistenz sowie die kindgerechten Untersuchungsbedingungen. Auf das jeweilige Kind angepasst sind voreingestellte Dosisprotokolle und Arbeitsanweisungen zu nutzen.

Vorgegeben ist die gepulste Durchleuchtung; bevorzugt werden Geräte mit Übertischröhren, Zusatzfilterung, entfernbarem Streustrahlenraster und der Möglichkeit zur Speicherung des

Durchleuchtungsvorgangs (Last image hold, Last series hold). Durchleuchtungsserien sind wenigen Spezialuntersuchungen (Schluckakt) vorbehalten. Die Bildrate ist bei der Fluoroskopie im Kindesalter zu reduzieren (3/s statt 7/s), auf die exakte Kollimation ist zu achten und die Zoom-Funktion ist zu vermeiden. Jede Zoom-Stufe verdoppelt die Dosis; entsprechend sind Vergrößerungen möglichst nur im Rahmen der Nachverarbeitung zu verwenden. Die Durchleuchtungszeit ist zu minimieren. Bei pathologischen Befunden ist die Durchleuchtungszeit und somit die Gesamtdosis höher als bei unauffälligem Befund. Strahlenschutzmittel und geeignete Immobilisierung bzw. Kompression sind sinnvoll anzuwenden. Effektivster Strahlenschutz beim MCU für das männliche Genitale ist die Hodenkapsel. Bei sehr kleinem Scrotum, Hodenhochstand kann der Gonadenschutz nicht verwendet werden. Bei Mädchen ist der Gonadenschutz (Ovarialblende) nicht möglich – auch aus diesem Grund ist alternativ zum MCU die kontrastverstärkte Miktionsurosonografie zu bevorzugen.

Computertomografie

Aufgrund des hohen Dosisbedarfs ist bei Kindern und Jugendlichen die Indikation zur Computertomografie (CT) besonders streng zu stellen und ist meist der Notfallsituation bei instabilem Kind (z. B. Polytrauma, schweres Schädel-Hirn-Trauma) bzw. bestimmten Fragestellungen (beispielsweise interstitielle Lungenerkrankungen, OP-Planung bei Gelenkfrakturen) vorbehalten.

Die Computertomografie darf nach Empfehlung der SSK beim Kind nur mit Geräten durchgeführt werden, die spezielle Kinderprogramme beinhalten und altersabhängig optimierte Protokolle mit reduzierter Strahlenexposition gewährleisten. Unter Berücksichtigung von Arbeitsanweisungen (Standard Operating Procedure, SOP) ist die Untersuchung sorgfältig zu planen und auf das Individuum anzupassen. Insbesondere bei der CT ist darauf zu achten, dass die Kinder an den Mehrzeilen-Spiral-CT-Geräten der modernsten Generation untersucht werden, die über entsprechende Möglichkeiten der Dosisreduktion und geeignete Nachverarbeitungsalgorithmen verfügen.

Auf bestmögliche Bildqualität kann meist verzichtet werden; ein relativ hohes Maß an Bildrauschen kann akzeptiert werden. Die Stromstärke wird an das Körpergewicht angepasst, die Spannung ist bei Kindern generell zu reduzieren, um das Bildrauschen zu vermindern und kann aufgrund der Jod-Konstante auf 80 kV bei Ein-

satz von Kontrastmittel abgesenkt werden. Bereits beim Planungsscans kann durch optimierte Lagerung und Ausrichtung der Röhre (pa) viel Dosis eingespart werden. Strahlenschutzmittel (Bismuth-Blenden für Augenlinse, Schilddrüse, Thorax, Gonaden) sind erst beim eigentlichen Scan zu platzieren. Die kürzest mögliche Scanstrecke ist in der Computertomografie obligat, Mehrphasen-CT sind durch Alternativ-Methoden bzw. Einsatz der Splitbolustechnik zu ersetzen. Automatische Dosiskontrolle ist unter Berücksichtigung von oberen Grenzwerten eine sinnvolle Ergänzung (4-D-Modulation).

Aufgrund extrem geringer Rotationszeit des Röhren-Detektor-Systems und breiter Kollimation bei Multidetektorsystemen neuester Generation (z. B. 16 cm in 0,4 s bei 256 Zeilen) kann die axiale Technik gegenüber dem Spiralscan Vorteile bieten. Zur Qualitätskontrolle sind im Nachgang das Dosislängenprodukt (DLP) und der CT-Volumen-Dosisindex (CTDIvol) im Zusammenhang mit den Dosisreferenzwerten der SSK und der erzielten Bildgüte zu analysieren und Schlüsse für nachfolgende Untersuchungen zu ziehen bzw. das Untersuchungsprotokoll als Standard anzupassen.

Dem Strahlenschutz bei Kindern und Jugendlichen dient bei der Qualitätssicherung kinderradiologischer Untersuchungen das Prinzip der Rechtfertigung und das Prinzip der stetigen Optimierung. Verbunden mit der permanenten Suche nach alternativen Untersuchungsverfahren kann entsprechend der klinischen Fragestellung und therapeutischen Konsequenzen im Einzelfall die medizinisch zu verantwortende Strahlenexposition zielgerichtet und optimiert eingesetzt und unnötige Belastungen eingespart werden. ■■

Autor:

Prof. Dr. Hans-Joachim Mentzel,
Sektion Kinderradiologie,
Institut für Diagnostische und
Interventionelle Radiologie,
Universitätsklinikum Jena
www.uniklinikum-jena.de

<https://www.kinder-radiologie.org/de-DE/6402/pass-fuer-bildgebung-im-kindes-und-jugendalter/>

<https://bit.ly/3s4YD4c>

