

Doris Zebedin

Neue Techniken in der Pädiatrischen – Computertomographie und Strahlenschutz

In den letzten Jahren kam es zu einem erhöhten Einsatz der Computertomografie (CT) in der pädiatrischen Diagnostik. Bei rechtfertigender Indikation zur CT, z.B. nach einem Polytrauma und anderen lebensbedrohlichen Zuständen wie der Pulmonalarterienembolie überwiegt der gesundheitliche Nutzen der CT gegenüber dem Strahlenrisiko. Mittels neuer innovativer CT-Technologien, der Mehrzeilen-CT ist es nun Realität geworden bei Hochgeschwindigkeitsverletzungen nach einem Verkehrsunfall, Sturz aus großer Höhen mittels dünner Schichtkollimation einen großen Scan-Umfang, in kurzen Untersuchungszeiten wie sie bei Mehrregionen-CT beim Polytrauma notwendig sind, durchzuführen.

Die dünne Schichtkollimation ermöglicht eine hohe Kontrast- und Ortsauflösung und die neue Rekonstruktionsverfahren erzeugen in Minutenschnelle hochauflösende, artefaktfreie 2D-3-D Bilder mit diagnostischer Bildqualität.

Durch Bestimmung des Ausmaßes und dem Grad der Verletzung bei z. B. einem stumpfen Bauchtrauma, durch den Nachweis eines arteriellen Extravasates, kann das verletzte Kind in kürzester Zeit einer adäquaten Therapie zugeführt werden. Mittels der Mehrzeilen-CT-Technologie ab 64-320-Detektorzeilen ist es immer öfter möglich, Kinder unter fünf Jahren ohne Narkose, oder zumindest nur mit leichter Sedierung zu untersuchen. Der große Nachteil der CT ist jedoch die Anwendung ionisierender Strahlung. Ein Grundprinzip in der Radiologie und im Strahlenschutz ist es trotz der Vorteile der CT immer die Indikation zur CT zu

überprüfen und ob nicht strahlenfreie Alternativmethoden, wie die Sonografie und die Magnetresonanztomografie die Verdachtsdiagnose mit derselben diagnostischen Sicherheit abklären können. Das Nutzen-Strahlenrisiko Verhältnis muß bei jedem Kind für jede CT Untersuchung in Abhängigkeit von der Fragestellung und vom Alter des Kindes abgeklärt werden. Kinder haben im Vergleich zu Erwachsenen ein höheres Strahlenrisiko, wenn die gleiche Strahlendosis appliziert wird. Die höhere biologische Strahlenwirkung ist bei Kindern bedingt

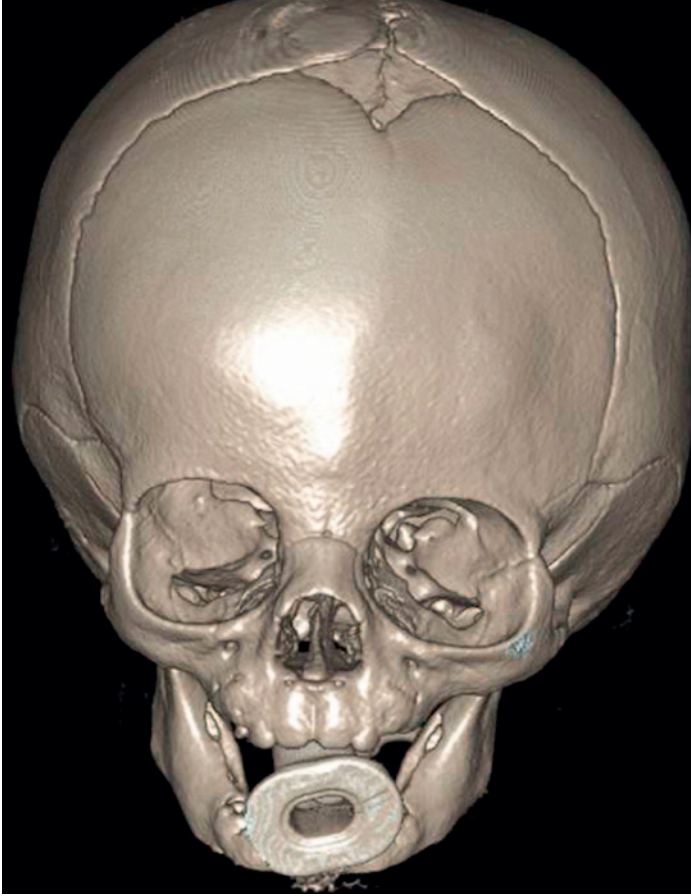
1. Höhere Strahlenempfindlichkeit in der Wachstumsphase
2. Längere Lebenserwartung.

Aus diesen Gründen führt jede zusätzliche CT-Untersuchung, zu einer Dosisakkumulation, die das Krebsrisiko im Kindesalter zusätzlich erhöht. Das Risiko an einem strahleninduzierten Krebs oder Leukämie zu

erkranken, beträgt bei einem Neugeborenen 0,02 % pro 100 mSv. Die internationale Strahlenschutzkommission (IRCP) hat im Jahre 2008 ein up-date für Dosisreferenzwerte in der CT für unterschiedliche Untersuchungsregionen publiziert, jedoch ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen Altersgruppen.

Zwei wichtige Ansatzpunkte in der Kinderradiologie zur CT- Qualitätssicherung!

1. Eine rechtfertigende Indikation zur Computertomografie besteht nur, wenn keine Alternativmethoden zur Verfügung stehen, (wie die Sonografie und die Magnetresonanztomografie) die die gleiche Aussagekraft zum Ausschluß der Pathologie haben. Im Sinne des Strahlenschutzes sollte bei der Abklärung eines akuten Abdomens im Kindesalter, immer die Schwere des Verletzungsgrades berücksichtigt werden.



■ Abb. 1: Kraniosynostose-3D-Rekonstruktion

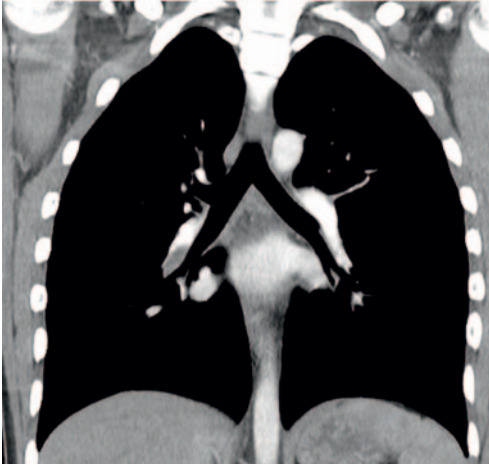
Bei einem nicht traumatisch bedingtem akuten Abdomen ist vordegründig auf spezifische Erkrankungszeichen zuschauen. In zwei Drittel der Fälle liegt zum Beispiel bei einer akuten Appendicitis, ein typisches klinisches Bild vor und die Diagnose kann mittels der Klinik allein gestellt werden. In unklaren klinischen Fällen kann oft eine weitere Diagnostik in der Abklärung der Appendicitis notwendig sein, aber oft zeigt sich, dass eine erweiterte Diagnostik, wie die Sonografie und die CT keine Zusatzinformation liefert, die eine therapeutische Konsequenz hat.

Die Sonografie ist im Zusammenschau mit der Klinik, Labor bei vielen Erkrankungen im Kindesalter die Methode der ersten Wahl. Es ist die Aufgabe der KinderradiologInnen zu entscheiden, wann eine weiterführende Diagnostik wie die MRT und CT sinnvoll ist. Bei einem schweren Bauchtrauma mit großem Blutverlust, ist die CT als Methode der ersten Wahl oft eine lebensrettende, weil das Kind einer sofortigen Operation zugeführt wird. Zur optimalen Abklärung mittels radiologischer Methoden wieder CT ist es notwendig geworden, Diagnosepfade zu erstellen.

Die Kinderradiologie – Graz hat daher die Initiative ergriffen, mit den zuweisenden Kliniken des Kinderzentrums Diagnosepfade zu häufigen Fragestellungen im Kindesalter, wie z.B. Osteomyelitis, Knochentumore zu erstellen.

Diese Leitlinien sollen eine effiziente Diagnostik und Therapie ermöglichen, sowie sicherstellen, dass unnütze und strahlenintensive Untersuchungen ohne weitere Zusatzinformation durchgeführt werden. Sinnlose Strahlenbelastung sowie diagnostischer Overload können bei sinnvollem Einsatz der vielfältigen Methoden verhindert werden. Eine Novität der Mehrzeilen-CT-Technologie ist die dynamische Volumen-CT, die auch zunehmend in der Abklärung des akuten Schlaganfalles im Kindesalter eingesetzt wird. Da es sich aber bei der CT-Hirnpfusion um eine sehr dosisintensive Methode handelt, sollte die CT-Perfusion nur in selektierten Fällen verwendet werden, nach entsprechenden Leitlinien unter Berücksichtigung des neurologischen Status, des klinischen Zeitfensters und der Therapiemöglichkeiten, ist die Lyse überhaupt eine Therapieoption bei diesem Kind.

Leitlinien sind für einen sinnvollen Einsatz der radiologischen Methoden notwendig, und stellen eine wertvolle Unterstützung für kinderradiologisch unerfahrene KollegInnen bei nicht so häufigen



■ Abb. 2: Thorax-CT- PAE koronare Maximum Intensity Projection

Erkrankungen im Kindesalter dar und erhöhen die Diagnosequalität.

2. Ein weiterer wichtiger Ansatz zur Qualitätssicherung in der pädiatrischen CT ist die Dosisoptimierung der CT durch alters- und gewichtsadaptierte und auf die Fragestellung fokussierte CT-Untersuchungsprotokolle. Die Image Gently Campaign, eine weltweite Initiative der Gesellschaften für Kinderradiologie und des Strahlenschutzes haben als Antwort auf die im AJR veröffentlichten Artikel von Brenner, Frush 1999 aufgrund der Panikmache, dass Kinder bei CT-Untersuchungen ungerechtfertigt einer zu hohen Strahlenbelastung durch die CT ausgesetzt sind in einem Aufklärungsprogramm für dosisoptimierten und sinnvollen CT-Einsatz, entsprechend dem ALARA-Prinzip plädiert. www.ImageGentlyCampaign.org.

Adaptation der Untersuchungsprotokolle auf die Fragestellung, Untersuchungsregion und das Alter- Gewicht des Kindes sind eine wichtige Herausforderung für die Kinderradiologie in Graz. An der klinischen Abteilung für Kinder-radiologie der Universitäts-Klinik für Radiologie - Graz

wurde im März 2008 als europaweit erstes europäisches Kinderzentrum der dynamische 320 Detektor-CT-Scanner mit Volumenmodus von der - Fa. Toshiba installiert, der als weltweit erster CT-Scanner eine Scanlänge von max. 16cm pro Röhrenrotation im Volumenmodus ermöglicht.

Diese neue CT- Technologie mit maximal 16cm Volumenaquisition ermöglichte ein erweitertes Indikationsspektrum in der Pädiatrischen CT. Die kontinuierliche oder gepulste 4-D Darstellung von Organen, Gefäßen ermöglicht die simultanen Beurteilung z.B. der Perfusion des gesamten Gehirnes und der dynamischen CT-Angiografie der Hirn- und Halsarterien sowie die Herzdarstellung mittels einer Röhrenrotation mit minimalen Geschwindigkeiten von 0,35 sec. Ultraschnelle Untersuchungszeiten

kombiniert mit deutlich geringerer Strahlenbelastung im Volumenmodus ermöglichen ebenso ideale Voraussetzungen für pädiatrische CT. Doch nur ein sinnvoller Umgang mit dieser Strahlenintensiven Methode, d.h. die richtige Indikationsstellung und Dosisoptimierung sind wichtige Grundpfeiler in der pädiatrischen CT zum Schutze des Kindes.

Welche technischen Möglichkeiten der Dosisoptimierung bieten nun die neuen CT-Scanner Generationen an?

Adaptive iterative Dosisreduktion ermöglicht in der Nachbearbeitung mittels iterativer Rechenverfahren bei Ultra-low-dose Protokollen (bis zu 60% Dosisreduktion) wie sie bei CT-Untersuchungen der Kraniosynostose, Trichterbrust und Mukoviscidose-Abklärung durchgeführt werden. Dieses Rekonstruktionsverfahren ermöglicht artefakt- und rauschfreie Bilder mit einer Rauschreduktion um ca. 65%.

Active Collimation:

Reduziert bei der Spiraltechnik das overranging-bedingt durch den verzögerten Röhrenstop ist das bestrahlte Röhrenstromvolumen am Anfang und am Ende des Scans größer als das für die Bildgebung notwendige Röhrenstromvolumen. Die Dosis wird durch Collimationsfilter am Anfang und am Ende des Scans auf max. 20% reduziert.

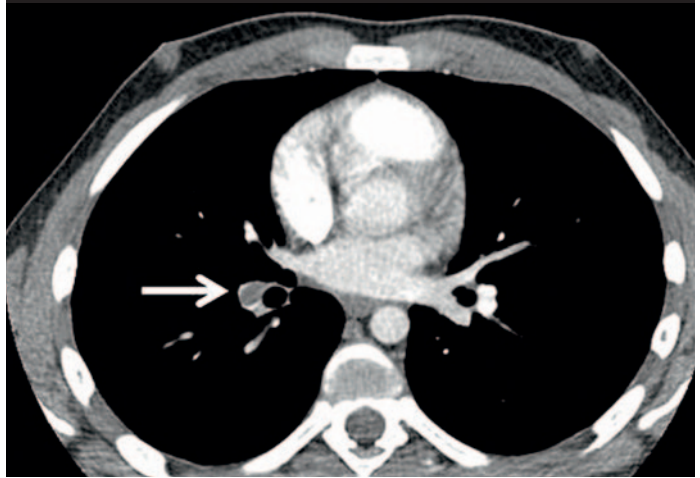
Automatische Dosismodulation:

Anpassung des Röhrenstromes an die physiologischen Unterschiede Absorptionseigenschaften der Röntgenstrahlen in der untersuchten Region, sowie an die gewählte Bildqualität. Die variablen Gewebeeigenschaften führen aufgrund der unterschiedlichen Absorption zur unterschiedlichen Röhrenstromabschwächung und daraus resultiert ein unterschiedlicher Dosisbedarf.

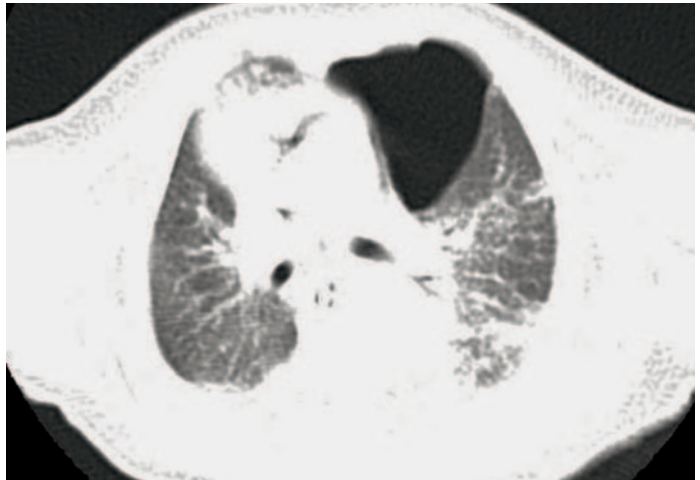
Um eine konstante Bildqualität zu erzielen, ist im Bereich der Schulter, oder der Leber im Vergleich zur Lunge eine höhere Dosis für die gleiche Bildqualität notwendig. Die Dosisreduktion durch automatische Röhrenstromanpassung kann bis zu 40% betragen. Zu beachten ist vor allem die Verwendung der Röhrenstrommodulation bei gleichzeitigem Bismuth-Shielding. Da die Röhrenstromanpassungswerte aus dem Topogram zunächst berechnet werden, sollte der Bismuth-Schutz für die strahlensensiblen Organe wie z. B. des Brustdrüsenparenchyms, Schilddrüse bei der Thorax-CT erst nachdem Topogram verwendet werden.

Zusammenfassung:

Die Möglichkeiten zur Dosisreduktion in der CT sind vielfältig, jedoch ist immer eine Balance zur Bildqualität zu halten. Niedrig-Dosisprotokolle ermöglichen eine Dosisreduktion bis zu 60% in Abhängigkeit von der Fragestellung,



■ Abb. 3: Dosisoptimierte Thorax-CT- bei Pulmonalarterienembolie



■ Abb. 4: Ultra-Niedrig-Dosis CT Thorax-Säugling nach Herzoperation und Spannungspneumothorax

Alter des Kindes, um eine diagnostische Bildqualität zu erzielen.

Ultra-Niedrig-Dosis CT-Protokolle sind vor allem von Hoch-Kontrast-Strukturen, wie Knochen und Organen wie der Lunge möglich, bei denen ein höherer Rausch-level die Bildqualität nicht reduziert. Die CT Angiografie ermöglicht durch das kontrasterhöhende IV. Kontrastmittel (KM) ebenso eine deutliche Dosisreduktion, auch bei dünnen

Schichtkollimationen, in dem das Rauschen durch entsprechende Nachverarbeitungsfilter verringert wird.

▶ Prof. Dr. med. Doris Zebedin
Klinische Abteilung für
Kinderradiologie,
Universitätsklinik für Radiologie
LKH Graz,
Auenbrugger Platz 34
A-8036 GRAZ