

Strahlenschutz in der Radiologie

Bereits kurz nach der Entdeckung der „X-Strahlen“ im November 1895 durch Wilhelm Conrad Röntgen wurde klar, dass der Strahlenschutz einen besonderen Stellenwert haben muss.

Dr. Benedikt Haggenmüller und Priv.-Doz. Dr. Stefan A. Schmidt, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Ulm



Dr. Benedikt Haggenmüller, Universitätsklinikum Ulm



Priv.-Doz. Dr. Stefan A. Schmidt, Universitätsklinikum Ulm

Dies betrifft sowohl den Schutz der untersuchten Patienten wie auch den Schutz der die Röntgenuntersuchung durchführenden Personen. Dank technischer Weiterentwicklungen wie auch Strahlenschutzmaßnahmen sind die applizierten Strahlendosen im Vergleich zur Anfangszeit der klinischen Radiologie um ein 10.000-Faches gefallen. Die durchschnittliche medizinisch bedingte Strahlenexposition (1,7 mSv/a) liegt in Deutschland damit inzwischen unter derjenigen der natürlichen Strahlenexposition (2,1 mSv/a; Bundesamt für Strahlenschutz). Unverändert bedarf es jedoch hinsichtlich des Strahlenschutzes einer ständigen Weiterentwicklung.

Der moderne Patientenschutz

Bereits 1905 wurden zum Schutz der Patienten bei Röntgenuntersuchungen Abschirmungen eingesetzt. Heutzutage sind unterschiedliche Hilfsmittel, meist aus Blei oder Bismut, zum Schutz besonders strahlenempfindlicher Gewebe wie Augenlinse, Brustdrüsengewebe, Schilddrüse und Gonaden in der täglichen Routine eine Selbstverständlichkeit. Diese Patientenabdeckungen haben jedoch auch Nachteile. Die Dosisersparnis durch Abdeckung von anatomischen Strukturen außerhalb des FOV (field of view) ist bei moderner Gerätetechnik mit Belichtungsautomatik und digitaler Bildverarbeitung gering bei gleichzeitig erhöhtem hygienischem Risiko. Schutzmaterialien können zudem innerhalb des FOV durch die

Belichtungsautomatik – insbesondere bei nicht möglicher optimaler Positionierung – häufig zu einer Strahlenmehrbelastung und zu Bildartefakten führen. Außerdem können beispielsweise bei konventionellen Beckenaufnahmen relevante Strukturen verdeckt werden, was gegebenenfalls eine Wiederholung der Untersuchungen nötig macht. Für bestimmte Untersuchungen wird daher vereinzelt ein „no shielding“ propagiert (C. Jeukens et al. 2020). Es bleibt abzuwarten, inwieweit hier eine tragfähige Balance zwischen physikalischen Erkenntnissen und rationalen wie emotionalen Barrieren patienten- und anwenderseitig gefunden wird. Bei richtigem Einsatz sind jedoch die Schutzmaßnahmen von großem Vorteil. Ein gutes Beispiel ist der Augenschutz, welcher bei richtiger Positionierung eine exzellente Schutzwirkung ohne Nachteile für die Befundung erlaubt (S. Schmidt et al. 2019). Eine weitere Verbesserung ist kurz- bis mittelfristig durch Verwendung neuer Materialkompositionen des Augenschutzes zu erwarten.

Spezifischer Anwenderschutz

Während bei der Anfertigung von konventionellen Röntgenbildern und Computertomografien die Anwender den Untersuchungsraum in der Regel verlassen und durch den baulichen Strahlenschutz mit Bleielementen in den Wänden und Bleiglasscheiben ausreichend geschützt sind, gestaltet sich der Anwenderschutz in der Fluoroskopie schwieriger. Hier muss der

Untersucher oft unmittelbar am Patienten arbeiten, was die Verwendung beweglicher Bleiglasscheiben und bleihaltiger Schutzkleidung nötig macht. Durch das Gewicht Letzterer kann es jedoch bei längeren Tragezeiten zu körperlicher Ermüdung kommen. Langfristig können orthopädische Probleme auftreten, welche die Berufsausübung einschränken oder zu krankheitsbedingten Fehlzeiten führen können. Als mögliche Lösung wird seit einigen Jahren ein System aus Schutzkleidung angeboten, die über ein bewegliches Trägersystem aufgehängt ist, sodass die geschützte Person dessen Gewicht nicht selbst tragen muss. Über eine Magnetweste folgt die aufgehängte Bleischürze den Bewegungen des Anwenders. Hierdurch wird ein oft sogar besserer Schutz bei gleichzeitig geringerer körperlicher Belastung des Anwenders erreicht. Besonders bei aufwendigen Interventionen

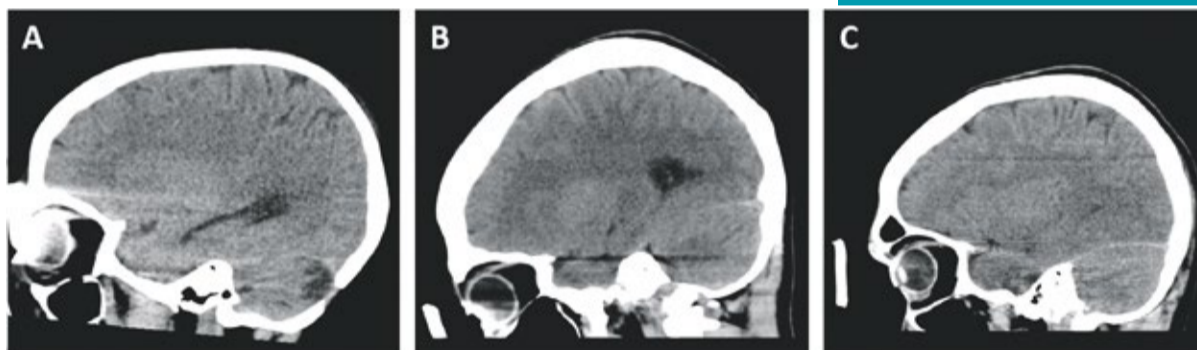


Abb. 1: Beispiel über den Einfluss der korrekten Lagerung eines Augenschutzes bei der Schädel-CT. Bei zu hoher Lagerung (A) kommt es zu Aufhärtungsartefakten im Hirnparenchym, während bei zu tiefer Lagerung (B) die Augenlinse nur unzureichend geschützt ist. Bei richtiger Positionierung (C) jedoch ist eine exzellente Schutzwirkung ohne Nachteile für die Befundung zu erreichen.

und langer oder häufiger Tätigkeit im Kontrollbereich haben solche Systeme große Vorteile. Auch in Bezug auf den Umweltschutz im Strahlenschutz konnten jüngst Fortschritte erzielt werden. So wurden inzwischen auch in unserer eigenen Abteilung die bisherigen FilmDOSimeter, deren Filme als Einmalprodukt monatlich gewechselt werden mussten, inzwischen durch mehrfach auslesbare OSL-Dosimeter ersetzt. Nach einer Anschaffung von zwei Dosimetern pro Mitarbeiter (je eines im Wechsel zum Tragen und zum Versand in die amtliche Auswertestelle) kann somit auch in der Personendosimetrie Müll vermieden werden. Eine Neuerung, deren weite Verbreitung für die Umwelt wünschenswert ist.

Erkenntnisse der Strahlenbiologie

Dem ALARA-Prinzip (As Low As Reasonably Achievable) folgend ist die Low-dose-CT bei Fragestellungen mit hohem Kontrastunterschied in der Zielregion (Lungen, Harnleiter, Skelett-CT) klinischer Alltag. Eine kürzlich veröffentlichte Untersuchung konnte sogar nach einer Low-dose-CT im Vergleich zum Status vor der Untersuchung in Lymphozyten weder einen signifikanten Anstieg von DNA-Doppelstrangbrüchen, noch von Chromosomenaberrationen nachweisen (H. Sakane et al. 2020). Allerdings sind auch die Strahlenwirkungen der Low-dose-CT Gegenstand aktueller Diskussion. So zeigen andere Arbeiten, dass nach Low-dose-Bestrahlung im Zellkern eine spezifische nichtkodierende RNA überexprimiert wird, die ein bestimmtes Tumorsuppressorgen unterdrückt (O'Leary et al.

2015). Auch wenn die Bedeutung dieses Mechanismus noch nicht vollständig klar ist, kann wohl nicht davon ausgegangen werden, dass low-dose = no-dose gilt.

Durch zunehmende Grundlagenforschung im Strahlenschutz werden auch weitere, nicht nur rein dosisbedingte Strahlenwirkungen diskutiert. Seit Längerem ist bekannt, dass bei einer kontrastmittelgestützten CT im Gegensatz zur nativen Untersuchung überproportional viele DNA-Schäden verursacht werden. Ursächlich sind nach neueren Erkenntnissen wohl die üblicherweise verbauten Wolframanoden, die aufgrund des Photonenergieprofils ihrer emittierten Strahlung beim Einsatz eines jodhaltigen Röntgenkontrastmittels zur Freisetzung von Jodidionen führen können. Diese können dann als Kaliumjodid in die Zelle eindringen und dort die Reparatur von DNA-Doppelstrangbrüchen hemmen. Eine reine Dosiserfassung



Quelle: AWST, Michael Haggenmüller

Abb. 2: Modernes OSL-Dosimeter. Dieses kann nicht nur mehrmals ausgelesen werden und hilft somit, Müll zu vermeiden, es besitzt auch eine hohe Empfindlichkeit (niedrige messbare Minimdosis) und ist somit für die Überwachung in strahlungsarmen Umgebungen besonders geeignet.

Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Mirion Technologies (AWST) GmbH.

bildet diesen Effekt nicht ab. Langfristig könnte eine bessere Kombination der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Röntgenanode und Kontrastmitteln solche Strahlenwirkungen reduzieren.

Softwareunterstützter Strahlenschutz

Bereits heute kommen Softwaresysteme unterschiedlicher Anbieter zum Dosismanagement zur Anwendung. Das Prinzip des Dosismanagements besteht darin, die Dosisdaten pro Untersuchung und Gerät zu sammeln und innerhalb einer Abteilung oder eines Verbunds in regelmäßigen Abständen zu analysieren und zu bewerten. Dabei sollen Hinweise bei Dosisüberschreitungen erfolgen und vor künftigen Überschreitungen warnen. Wie in mehreren Untersuchungen gezeigt, konnten hier die Dosiswerte meist signifikant gesenkt werden. Zudem führt der Vergleich zwischen verschiedenen Anwendern gleichsam zu einer Art positivem Wettbewerbseffekt. Zukünftig können überregionale oder nationale Dosismanagementsysteme im Zuge einer weiteren Digitalisierung im Gesundheitssystem den Strahlenschutz auch in der Breite vorantreiben. Dies erfordert eine engere Zusammenarbeit von MTRAs, Ärzten, IT-Beauftragten und Medizinphysikern. Auch die derzeit vielbeschriebene künstliche Intelligenz wird künftig im Strahlenschutz eine größere Rolle spielen. Diese kann z.B. die Patientenlagerung bei CT-Scans unterstützen. Mithilfe einer 3-D-Kamera über dem CT-Tisch wird der Patientenkörper analysiert und anschließend über einen Algorithmus seine Idealposition im Isozentrum des CT-Scanners bestimmt. Durch die korrekte Lagerung kann ein optimales Verhältnis aus Dosisreduktion und optimaler Bildqualität erreicht werden. Zusammenfassend sind große Fortschritte im Hinblick auf eine Minimierung der Dosisbelastung für Patienten und Anwender erzielt worden. Jedoch gibt es auch über 100 Jahre nach Beginn des Strahlenschutzes auf allen Ebenen noch Verbesserungspotential, das es auszuschöpfen gilt.

| www.uniklinik-ulm.de |