

Strahlenschutz in der Computertomographie

Anwendung von Patientenschutzmitteln

| Autoren |

Bärbel Madsack

Lehr-MTRA Ärztl. Stelle Hessen

PD Dr. Michael Walz

Leiter der Ärztl. Stelle Hessen

Ärztliche Stelle Hessen für Qualitätssicherung in der Radiologie, Nuklearmedizin und Strahlentherapie Hessen (ÄSH)
TÜV SÜD Life Service GmbH
Mergenthalerallee 29
65760 Eschborn

| E-Mail | baerbel.madsack@tuev-sued.de |

Verschiedene Seiten stellen Anforderungen an die Anwendung und Art von Patientenschutzmitteln, insbesondere die Sachverständigenrichtlinie vom 09.01.09, geändert durch Rundschreiben vom 29.06.2009, Anlage 3, die DIN EN 61331-3 sowie die Empfehlungen der Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Computertomographie bzw. deren Verweis auf den Leitfaden zur Bewertung und Optimierung der Strahlenexposition bei CT-Untersuchungen.

Der Artikel stellt Maßnahmen zur Dosisverminderung durch Strahlenschutzmaterialien für verschiedene Körperregionen und Anwendungsbereiche, z. B. innerhalb und außerhalb des strahlenexponierten Areals, vor.

Maßnahmen zum Strahlenschutz für Körperregionen außerhalb des Untersuchungsbereiches

Die neue Leitlinie der Bundesärztekammer beschreibt keine konkreten Maßnahmen zum Strahlenschutz bei den jeweiligen Untersuchungsarten, sie gibt aber allgemeine Informationen zur Strahlenexpositionsoptimierung und verweist auf den Leitfaden CT (s.o.). Dieser liegt in einer überarbeiteten Fassung vom August 2007 vor und empfiehlt die Verwendung von Strahlenschutzmaterialien für Augenlinsen, Mammae, Schilddrüse, Ovarien und Testes.

Bei Mehrzeilen-CT mit großer Detektorbreite ist zu beachten, dass es durch Overranging zur direkten Strahlenexposition größerer Körperareale kommen kann, die außerhalb der im Topogramm festgeleg-

Der Anteil an CT-Untersuchungen wächst und damit auch deren Anteil an der Strahlenexposition unserer Patienten. Strahlenschutzmaterialien und Gerätetechnik richtig eingesetzt, hilft Strahlung sparen. Die Autoren zeigen, was möglich ist.

ten Darstellungsbereiche liegen. Das muss bei den Strahlenschutzmaßnahmen entsprechend berücksichtigt werden.

Maßnahmen zum Strahlenschutz für Körperregionen außerhalb des Untersuchungsbereiches bei Schädel- und Herz-CT werden weiter unten im Kapitel „Linsenschutzmaterialien“ diskutiert.

Hodenkapseln

Die Verwendung von Hodenkapseln bei gonadennahen Untersuchungen führt zu einer deutlichen Reduktion der Strahlenexposition. In mehreren Studien wurde mit Dosismessungen (z.B. am Aldersonphantom mit Thermolumineszenzdosimetern) eine Einsparung der Gonadendosis von ~ 87-95 % der Dosis gegenüber der Durchführung ohne Hodenkapseln bei gonadennahen Untersuchungen dargelegt (Nagel et.al, Melchert et.al., Hidajat et.al).

Schilddrüsenschutz nach den Anforderungen der Sachverständigenrichtlinie vom 09.01.09

Die Sachverständigenrichtlinie, Anlage II, führt die Patientenschutzmittel der jeweiligen Untersuchungsarten (bzw. zu Fachrichtungen und Gerätetechnik) auf, die auch bei der Sachverständigenprüfung an den jeweiligen Arbeitsplätzen vorhanden sein müssen.

Für Schädeluntersuchungen in der Computertomographie wird dabei der Einsatz von Schilddrüsenschutzmaterialien gefordert. Der herkömmliche



Abb. 1: Dosisreduktion der Uterusexposition mit unterschiedlichen Abschirmmaterialien in der Computertomographie, Danova, Daniela [1, 2], Boris Keil [2], Björn Kästner [1, 2], Jörg Wulff [1], Martin Fiebich [1] [1] Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz – IMPS, Fachhochschule Gießen-Friedberg, [2] Klinik für Strahlendiagnostik, Medizinisches Zentrum für Radiologie, Philipps-Universität Marburg

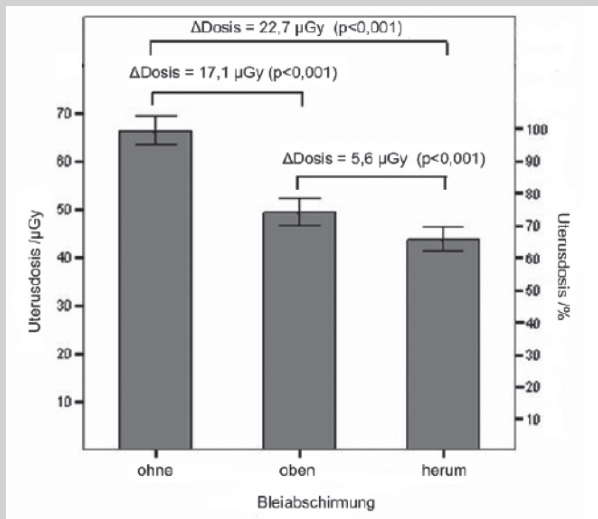


Abb. 2: Dosisreduktion der Uterusexposition mit unterschiedlichen Abschirmmaterialien in der Computertomographie, Danova, Daniela [1, 2], Boris Keil [2], Björn Kästner [1, 2], Jörg Wulff [1], Martin Fiebich [1] [1] Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz – IMPS, Fachhochschule Gießen-Friedberg, [2] Klinik für Strahlendiagnostik, Medizinisches Zentrum für Radiologie, Philipps-Universität Marburg



Abb. 3: Aldersonphantom, Schutz der Augenlinse in der Computertomographie – Dosisevaluation an einem antropomorphen Phantom mittels Thermolumineszenzdosimetrie und Monte-Carlo-Simulationen, RÖFo 12-08, 1047-1053

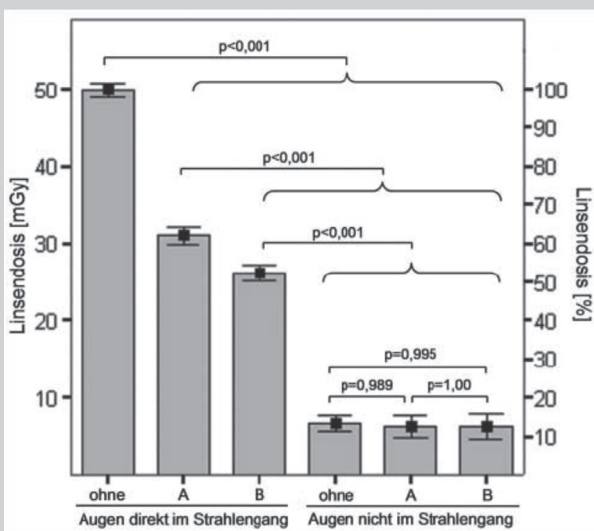


Abb. 4: Gemittelte Dosis der jeweiligen Messreihen im direkten Strahlengang und außerhalb des Strahlengangs, Schutz der Augenlinse in der Computertomographie – Dosisevaluation an einem antropomorphen Phantom mittels Thermolumineszenzdosimetrie und Monte-Carlo-Simulationen, RÖFo 12-08, 1047-1053

ch die Schilddrüsenschutz (des Personals) ist wegen der 360° Strahlenexposition in der CT ungeeignet. Nach aktuellen Anfragen bei den Herstellern sind derzeit leider nur wenige bzw. bedingt geeignete Schutzmaterialien verfügbar. In naher Zukunft sollen aber geeignete Materialien angeboten werden.

Reduktion der Uterusdosis durch Rundumschürze

Die Reduktion der Uterusdosis bei der Verwendung von Rundumschürzen von Thoraxuntersuchungen untersucht eine Diplomarbeit aus der Klinik für Strahlendiagnostik des Universitätsklinikums Gießen Marburg, Standort Marburg, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz – IMPS - der Fachhochschule Gießen-Friedberg.

Am Aldersonphantom erfolgten Vergleichsmessungen von verschiedenen Maßnahmen: ohne Verwendung von Strahlenschutzmaterialien, nur mit Auflage sowie mit einer Bleiumwicklung (Rundumschürze). Das verwendete Strahlenschutzmaterial wies einen Bleigleichwert von 0,5 mm Pb auf. Bei CT-Thorax-Untersuchungen konnte dabei die Uterusdosis um mehr als 30% gesenkt werden.

Strahlenschutzmaterialien im Untersuchungsbereich

Für den Bereich der Projektionsradiographie und Durchleuchtung wird die Verwendung von Strahlenschutzmaterialien mit hoher Ordnungszahl, z. B. mit einem Bleigleichwert von 1,0 mm Pb, im Nutzstrahlenfeld gefordert. Im Scanbereich der CT-Untersuchungen können diese Materialien nicht verwendet werden, da sie die Bildqualität durch Artefakte sehr stark beeinträchtigen.

Als Maßnahmen zum Strahlenschutz in der CT stehen deshalb Materialien mit niedrigerer Ordnungszahl (z.B. bismuthaltige Materialien) zur Verfügung, die keine oder nur geringe Artefakte in den Bildern verursachen. In mehreren Studien konnte dadurch eine Reduktion der Strahlenexposition in der Größenordnung von 30-45 % der Organdosis erreicht werden.

Thomas et al. weisen zusätzlich auf die Möglichkeit zur Verwendung von Abstandhaltern (1,5 cm Baumwolltuch) unter den Strahlenschutzmaterialien hin, um oberflächliche Aufhärtungsartefakte zu vermeiden.

Beim Einsatz von Strahlenschutzmaterialien im CT-Untersuchungsbereich (360° Strahlenexposition) wird diskutiert, ob eine erhöhte Streustrahlung/Rückstreuung hinter dem Strahlenschutzmaterial zu einer Erhöhung der Organdosis bzw. einer höheren Austrittsdosis führen kann.

In mehreren Studien wurde jedoch dargelegt, dass die Aspekte der Streuung bzw. Rückstreuung im Verhältnis zur deutlichen Reduktion der Eintrittsdosis bei Verwendung von Strahlenschutzmaterialien im Untersuchungsbereich zu vernachlässigen sind (siehe auch Abb. 4).

Linsenschutzmaterialien

Das Ausblenden der Augenlinsen durch angepasste Gantrykipfung und optimierte Lagerung stellt primär die beste Maßnahme zur Reduktion der Strahlenexposition dar.

An Multislice-CT mit hoher Zeilenzahl ist aber eine Kippung der Gantry in der Regel nicht möglich. Insbesondere an diesen Geräten wird zur Optimierung des Strahlenschutzes die Verwendung von Linsenprotektoren empfohlen.

Keil et al. führten verschiedene Messreihen im Bereich der Augenlinsen am Alderson Phantom mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) durch. Dabei erfolgten Messungen ohne Linsenprotektoren sowie Vergleichsmessungen mit zwei Protektormaterialien aus Bismut (Material A) und ein neuartiges Protektormaterial aus Bismut, Antimon, Gadolinium und Wolfram (Material B). Es wurden jeweils 3 TLD im Bereich des linken und rechten Augenzentrums bestrahlt.

Der Vergleich zeigte bei Material A eine Dosisersparung von 38 % und bei Material B eine Dosisersparung von 48 % im Strahlengang. Durch Ausblenden der Linsen konnte eine Dosisreduktion von 88 % erzielt werden. Die vorliegende Studie zeigt bei deutlicher Reduktion der Strahlenexposition außerhalb des Scanbereiches eine geringe Dosisersparung (ca. 2 %) bei Verwendung der Protektoren. Keil et al. verweisen allerdings auf Rozeik et al., die signifikante Dosisersparungen auch außerhalb des Scanbereiches erzielten.

Broczak et al. wiederum konnten bei Herzuntersuchungen außerhalb des Scanbereiches deutliche Dosisersparungen erreichen.

Aus den im Ausmaß der Dosisreduktion variierenden Ergebnissen geht hervor:

Bei der konkreten Planung der Strahlenschutzoptimierung im CT sind die Einflüsse der gerätetechnischen Voraussetzungen (z.B. Overranging), der technischen Parameter der Untersuchung sowie von Handhabungsgesichtspunkten zu beachten.

Mammae- und Schilddrüsenschutz (im Untersuchungsbereich)

Auch für die Schilddrüse und Mammae stehen bismuthaltige Strahlenschutzmaterialien zur Reduktion der Strahlenexposition bei HWS-, Hals- und Thoraxuntersuchungen zur Verfügung. Gerade unter Berücksichtigung der neuen ICRP – 103, mit Erhöhung des Gewebewichtungsfaktors der Mammae von 0,05 auf 0,12, ist die Verwendung von Schutzmaterialien auch bei Thorax- und Herzuntersuchungen zu diskutieren.

Thomas et al. konnten für den Bereich der Schilddrüse eine Dosisreduktion (Organdosis) von 35,8% (ohne Abstandhalter) bzw. 31,3 % (mit Abstandhalter) am Phantom erzielen, für die Brustdrüse betrug die Dosisreduktion 33,7 % (ohne Abstandhalter) bzw. 31,9 % (mit Abstandhalter).

Der Einsatz des Abstandhalters (1,5 cm Baumwolltuch) konnte oberflächliche Aufhärtungsartefakte deutlich reduzieren. Die Unterschiede im Bildrauschen bei Aufnahmen mit und ohne Schutz zeigten bei Verwendung eines Abstandhalters keine signifikanten Unterschiede.

Einsatz von Strahlenschutzmaterialien im Untersuchungsbereich bei Verwendung der Dosismodulation

Ein Problem mit der Verwendung von Strahlenschutzmaterialien im Untersuchungsbereich kann bei Einsatz der Dosismodulation entstehen. Die Anpassung der mA durch die Dosismodulation erfolgt typischerweise nach Erfassung der Absorptionsunterschiede der anatomischen Strukturen des jeweiligen Untersuchungsbereiches (teilweise auch abhängig vom Einstrahlungswinkel). Bei vielen Geräten erfolgt die Regelung der Dosis anhand des Übersichtsradiogramms (Scanogramm/ Topogramm). Der Einsatz von Strahlenschutzmaterialien führt dann zu veränderten technischen Parametern (höhere mA) und ggf. zu einer erhöhten Strahlenexposition.

Jach et al. ermittelte bei Phantommessungen (Verwendung von Strahlenschutzmaterialien unter

Literaturverzeichnis:

1. Richtlinie (RL) für die technische Prüfung von Röntgeneinrichtungen und genehmigungsbedürftigen Störstrahlern - Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach RÖV (SV-RL) - vom 09. Januar 2009, geändert durch Rundschreiben vom 29.06.2009

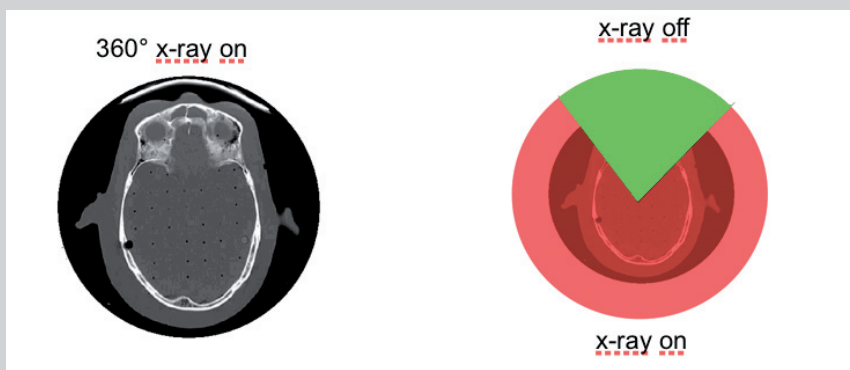


Abb. 5: Schädelphantom mit Linsenschutz und 360° Strahlenexposition (links), Beispiel zu Möglichkeiten der Dosisreduktion durch partiellen Scan (rechts)

Dosismodulation) eine ansteigende Dosis in der Kopf-Halsregion von 120 mAs auf 140 mAs (~ 14% Dosisanstieg). Diesen Effekt gilt es zu beachten und, wenn möglich, zu vermeiden.

Durch Anlegen des Schutzmaterials erst nach Erstellung des Übersichtsradiogramms lässt sich diese negative Auswirkung bei den CT-Geräten vermeiden, die die Anpassung der Dosis anhand des Übersichtsradiogramms durchführen. Bei Standardprotokollen zeigt diese Vorgehensweise in der Regel keine Beeinträchtigung der Bildqualität, wie von Jach et al. beschrieben.

Möglichkeiten zur Optimierung der Untersuchung bei Einsatz von Strahlenschutzmaterialien mit anderen Dosismodulationsverfahren, z.B. durch partiellen Scan („x-ray off“ im Bereich der Strahlenschutzmaterialien), werden derzeit diskutiert.

Zusammenfassung

Die Möglichkeiten der Dosisreduktion bei CT-Untersuchungen durch den Einsatz von Strahlenschutzmaterialien sind inzwischen umfangreich und in vielen Studien untersucht. Es gilt aber gleichzeitig, gerade bei zunehmender Verwendung von Multislice-CT und der Dosismodulation, auf die Besonderheiten der einzelnen Geräte zu achten.

Literaturverzeichnis:

2. DIN 61331-3 Strahlenschutz in der medizinischen Röntgendiagnostik Teil 3: Schutzkleidung und Gonadenschutz, 2002
3. Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Computertomographie gemäß Beschluss des Vorstandes der Bundesärztekammer vom 23. November 2007
4. Nagel, H.D., Vogel H., unter Mitarbeit von Feigen, U., Galanski M., Hidajat, N., Schätzl M., Stamm G., Walz, M.: Leitfaden zur Bewertung und Optimierung der Strahlenexposition bei CT-Untersuchungen, 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage, 2007
5. Galanski, M., Nagel H-D., Stamm G.: CT-Expositionspraxis in der Bundesrepublik Deutschland, Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage im Jahre 1999, 3., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2002
6. Keil B, Wulff J., Schmitt, A., Auwanis, Danova D, Heverhagen J., Fiebich M., Madsack B., Leppke R., Klose K.J. Zink C.: Schutz der Augenlinse in der Computertomografie – Dosisevaluation an einem antropomorphen Phantom mittels thermolumineszenzdosimetrie und Monte-Carlo-Simulationen, RöFo 12-08, 1047-1053
7. Danova D. Keil B., Kästner B, Wulff J., Fiebich M.: Dosisreduktion der Uterusexposition mit unterschiedlichen Abschirmmaterialien in der Computertomographie, www.hoer.tech.hausdeshoerens-oldenburg.de/dgmp2008,abstract/Fiebich.pdf
8. Jach, C.: Einsatz der Dosismodulation in der Mehrschicht-Computertomographie der Kopf-/ Halsregion - Technik, Effizienz, Strahlenexposition und Bildqualität, Diss. Institut für Radiologie, Abteilung Neuroradiologie, Medizinische Fakultät Charité - Universität Berlin, 2008
9. Thomas, C.: Dosisreduktion in der Multidetektor-Computertomografie, Diss. Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 2007
10. Barczok, S.: Dosis und Reduktion der Strahlenexposition an Augen, Schilddrüse und Keimdrüsen bei Mehrschicht-Computertomografie des Herzens, Diss. Medizinische Fakultät der Universität Lübeck 2007
11. Hidajat, N.: Bestimmung und Optimierung der Strahlendosis des Patienten bei der Computertomographie - Methoden, Probleme und Lösungsmöglichkeiten, Habil. Klinik für Strahlentherapie der Medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität zu Berlin, 2001
12. Stamm, G.: Neue Möglichkeiten zur Dosisreduktion und -optimierung in der CT, http://www.mh-hannover.de/fileadmin/kliniken/diagnostische_radiologie/download/Stamm-Neue_Techniken_zur_Dosisreduktion.pdf