Radiologe 2017 · 57:534–540
 DOI 10.1007/s00117-017-0258-3
 Online publiziert: 18. Mai 2017
 © Der/die Autor(en) 2017. Dieser Artikel ist
 eine Open-Access-Publikation.

M. Fiebich

Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz, Technische Hochschule Mittelhessen, Gießen, Deutschland

Praktischer Strahlenschutz am Patienten in der radiologischen Diagnostik

Die Verwendung von Strahlenschutzmitteln am Patienten zur Reduktion der Strahlenexposition ist ein häufig diskutiertes Thema. Oft ist die Höhe der Strahlenexposition und des Dosisersparpotenzials dabei unklar. In diesem Beitrag soll anhand der umfangreichen Ergebnisse vieler Studien der aktuelle Stand der Wissenschaft zusammengefasst dargestellt werden, bei welchen Untersuchungsarten Patientenschutzmittel verwendet werden sollen und wie weit die Strahlenexposition dabei reduziert werden kann.

Hintergrund

Der größte Teil der zivilisatorischen Strahlenexposition der deutschen Bevölkerung wird durch Untersuchungen mit Röntgenstrahlung verursacht. Dabei kann eine weitgehende Reduktion der Strahlenexposition des Patienten insbesondere außerhalb der zu untersuchenden Körperbereiche durch den sachgerechten Einsatz von Strahlenschutzmitteln erreicht werden. Auch die Röntgenverordnung fordert in § 25 Abs. 3 die Nutzung solcher Schutzmittel.

Andererseits können der übermäßige Einsatz wenig effizienter Schutzkleidung oder die falsche Anwendung von Schutzmitteln die Akzeptanz sowohl bei dem an der Anwendung beteiligten medizinischen Personal als auch bei den Patienten verringern und somit einen optimalen Strahlenschutz verhindern.

In diesem Beitrag zum Einsatz von Strahlenschutzmitteln am Patienten wer-

den die möglichen Dosisreduktionen bei verschiedenen Untersuchungstechniken, der Stand der Technik und der jeweilige Aufwand zur Verwendung der Strahlenschutzmittel dargestellt.

Allgemeine Anforderungen

Im Strahlenschutzrecht und in einigen Richtlinien, Normen und Empfehlungen finden sich Hinweise zur Verwendung von Patientenstrahlenschutzmitteln.

Im § 25 „Anwendungsgrundsätze“ der Röntgenverordnung wird gefordert, dass die durch eine Röntgenuntersuchung bedingte Strahlenexposition soweit einzuschränken ist, wie dies mit den Erfordernissen der medizinischen Wissenschaft vereinbar ist. Insbesondere sind Körperbereiche, die bei der vorgesehenen Anwendung von Röntgenstrahlung nicht von der Nutzstrahlung getroffen werden müssen, vor einer Strahlenexposition so weit wie möglich zu schützen. Dies kann durch eine sinnvolle Verwendung von Strahlenschutzmitteln deutlich unterstützt werden. Dabei kann neben der Abdeckung strahlenempfindlicher Organe im Primärstrahlengang auch die Abdeckung angrenzender Areale zum Schutz vor Störstrahlung (Streustrahlung und extrafokale Strahlung) sinnvoll sein. Insbesondere ist bei allen Untersuchungsarten die in den Strahlenschutzgrundsätzen geforderte Reduzierung der Strahlenexposition bei den Aufnahmen zu beachten [30]. Es obliegt den Strahlenschutzverantwortlichen/Strahlenschutzbeauftragten, den fachkundigen Ärzten und den technisch anwendenden Personen, die Dosis für

den Patienten so niedrig wie möglich zu halten. Dies gilt nicht nur in Bezug auf die effektive Dosis, sondern ggf. auch in Bezug auf Organäquivalentdosen als Vorsorgemaßnahme angesichts der Unsicherheiten hinsichtlich der gesundheitlichen Schädigungen unter dem Schwellenwert für Gewebereaktionen [11].

Leitlinie der Bundesärztekammer

Einige generelle Schutzmaßnahmen finden sich in der Leitlinie der Bundesärztekammer [4]. So müssen bei männlichen Patienten nach erfolgtem Descensus testis bei allen Röntgenuntersuchungen einschließlich Computertomographie des Abdomens, des Harntrakts, des Magen-Darm-Trakts sowie des Beckens und der Lendenwirbelsäule grundsätzlich umschließende Hodenkapseln verwendet werden.

Bei weiblichen Personen ist die Anwendung eines Ovarien-schutzes grundsätzlich zu fordern, soweit hierdurch der Informationsgehalt der Untersuchung nicht wesentlich eingeschränkt oder die Wahrscheinlichkeit von Wiederholungsaufnahmen nicht deutlich erhöht wird. Bei Patientinnen soll – wenn immer möglich – bei Aufnahmen des Thoraxbereichs und des Abdomens in Linksseitenlage wegen des strahlungssensiblen Mammagewebes der dorsoventrale Strahlengang gewählt werden.

Bei der Computertomographie sollte nach Möglichkeit das Topogramm in a.p.-Richtung vermieden werden, um die strahlenempfindlichen Organe (Augenlinse, Schilddrüse, Mamma) einer ge-

Hier steht eine Anzeige.

ringeren Strahlenexposition auszusetzen [38].

Vorschriften der Normen

Für die Anforderungen an Patientenstrahlenschutzmittel finden sich Hinweise in den Normen. Es müssen qualifizierte Schürzen nach DIN 6857 – Teil 1 bzw. DIN EN 61331 Teil 3 verwendet werden. Die Dicke muss mindestens 0,5 mm Bleigleichwert bei Abdeckmaterialien im Streustrahlenbereich betragen, im Primärstrahlenfeld ist mindestens 1 mm Bleigleichwert zu verwenden [9, 10]. Zurzeit sind nicht alle Bleiabdeckungen in der am besten geeigneten Form vorhanden (z. B. Bleidecken mit 120 × 30 cm mit 0,5 mm Bleigleichwert bei CT-Untersuchungen als Rundumschutz am Scanbereich angrenzender Areale).

Im Folgenden werden für einzelne Untersuchungsarten die Schutzmaßnahmen und deren Auswirkungen auf einzelne Organdosen dargestellt.

Bei dosisintensiven radiologischen und kardiologischen Interventionen sind aufgrund der mit diesen verbundenen relativ hohen Dosiswerten ausdrücklich Strahlenschutzmittel einzusetzen, um die Strahlenexposition zu reduzieren. In den Erläuterungen zu den einzelnen Untersuchungsverfahren finden sich Hinweise zur Verwendung von Strahlenschutzmitteln, die auf die Interventionen übertragen werden können. Wichtig ist auch hier eine Optimierung der Strahlenexposition während der Untersuchung.

Prinzipiell gilt immer, dass bei allen Untersuchungen auf Verlangen des Patienten, wenn möglich, Strahlenschutzmittel verwendet werden sollten.

Strahlenschutzmittel bei CT-Untersuchungen

CT-Untersuchungen benötigen im Vergleich zu Projektionsaufnahmen eine deutlich höhere Dosis und damit hat der Einsatz von Strahlenschutzmitteln eine höhere Dringlichkeit. Projektionen werden aus vielen Raumwinkeln erstellt, was beim Anbringen der Patientenschutzmittel berücksichtigt werden muss. Weiterhin sind bei CT-Untersuchungen

mit Verwendung von Strahlenschutzmitteln, die im Untersuchungsbereich liegen, die Empfehlungen der jeweiligen CT-Hersteller zu beachten. Viele Computertomographen verwenden das Topogramm, um zusätzlich die Schwächung durch den Patienten zu ermitteln und basierend hierauf den Röhrenstrom zu steuern. Wenn bei einem Topogramm Strahlenschutzmittel im relevanten Bereich angebracht sind, kann dies bei einigen Herstellern und Geräten zu höheren Röhrenströmen und damit verbundenen höheren Expositionen führen. Je nach CT-Gerät ist daher ggf. das Anlegen des Strahlenschutzmittels erst nach der Planung der Untersuchung mithilfe des Topogramms sinnvoll.

Auch bei CT-Untersuchungen zur Bestrahlungsplanung müssen nach Möglichkeit die unten empfohlenen Strahlenschutzmittel zur Anwendung kommen. Bei der bildgestützten Strahlentherapie (IGRT) ist ggf. auf die Anwendung von Strahlenschutzmitteln zu verzichten, da diese bei Photonenenergien größer 1 MeV eher nachteilige Effekte mit sich bringen [37].

Untersuchungsartspezifische Begründung

CT des Hirnschädels (CCT)

Die CT-Untersuchung des Gehirnschädels ist in den meisten Kliniken oder Praxen die am häufigsten durchgeführte Schnittbildagnostik und zugleich die CT-Untersuchung mit den höchsten lokalen Dosen. Mit neuen Mehrzeilen-Spiral-CT-Scannern mit breiten Detektorarrays liegt jedoch die Augenlinse durch Overranging und Overbeaming zunehmend im Bereich der direkten Strahlenexposition. Ohne Schutzmaßnahmen und bei Positionierung der Augenlinse im Aufnahmevolumen wird eine Dosis von 35 mGy oder mehr erreicht. Durch die Neubewertung der Strahlenempfindlichkeit der Augenlinsen in Hinblick auf Kataraktbildung ist dies eine relativ hohe Dosis und sollte daher verringert werden. Um die Augenlinsen zu schonen, sollten durch Gantrykippen oder durch leichte Hochlagerung mit einem eingeschobenen Schaumstoffkeil und Beugung des

Kopfs die Augenlinsen außerhalb des primären Strahlengangs liegen [38].

Wenn dies nicht möglich ist, sollte ein Augenlinsenschutz verwendet werden; die dabei auftretenden Artefakte schränken bei ausreichenden Abstand der Abschirmung zum Kopf die Diagnostik nicht ein [29]. Alternativ kann auch eine Röhrenstrommodulation, bei der keine direkte Strahlung auf die Augenlinse trifft, eingesetzt werden. Hierbei wird der Röhrenstrom abgeschaltet, während die Röhre durch den oberen Winkelbereich fährt. Die Reduktion durch den Augenlinsenschutz liegt bei ca. 50 %, bei einer Ausblendung des oberen Winkelbereichs bei der Aufnahme kann die Dosis um bis zu 80 % gesenkt werden [23].

Das Anlegen eines Schilddrüsenschutzes senkt die Dosis der Schilddrüse (ca. 1 mGy) um 45 %, die Verwendung eines Brustschutzes reduziert die Dosis der Brust (ca. 0,3 mGy) um bis zu 75 % [1, 21, 26]. Ein Schilddrüsenschutz sollte ab dem 8. Lebensjahr wenn möglich angelegt werden. Bei Kindern unter 8 Jahren kann aufgrund des kürzeren Halses das Auflegen einer schmalen Bleidecke auf der Schilddrüse sinnvoll sein.

Die Verwendung eines Schilddrüsens- und eines Brustschutzes ist bei dieser Untersuchungsart angemessen.

CT der Nasennebenhöhle oder des Gesichtsschädels

Bei dieser Untersuchung liegt die Augenlinse im direkten Strahlengang. Bei digitale-Volumentomographie (DVT)-Geräten soll deshalb eine 180°-Rotation verwendet werden, um die Augenlinse zu schonen. Dadurch kann die Dosis der Augenlinse um bis zu 80 % (von 15 auf 3 mGy) gesenkt werden [15].

Bei CT-Systemen sollte, wenn die diagnostische Bildqualität nicht eingeschränkt wird, ein Augenlinsenschutz verwendet werden. Alternativ kann auch eine Röhrenstrommodulation, bei der keine direkte Strahlung auf die Augenlinse kommt, eingesetzt werden (s. oben). Die Reduktion durch den Augenlinsenschutz liegt bei ca. 50 % [19], auch durch Ausblendung des oberen Winkelbereichs

bei der Aufnahme kann die Dosis um bis zu 50 % gesenkt werden [3].

Bei anderen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass durch Tragen einer Bleiglasbrille die Dosis der Augenlinse von 4,0 auf 1,5 mGy (61 %) gesenkt wurde, und durch Anlegen eines Schilddrüseneschutzes bei der DVT die Schilddrüsendosis von 1,66 auf 0,9 mGy (42 %) sank [14, 21].

CT des Thorax

Eine Patientenabdeckung (Bleidecke) um das Abdomen reduziert die Strahlenexposition des Uterus um ca. 30 % (Reduktion der Organdosis um 23 µSv) [7, 18]. Eine vergleichbare Reduktion der anderen Bauchorgane (z. B. Kolon, Blase, Ovarien, Prostata) und des roten Knochenmarks im abdominalen Bereich wird ebenfalls erreicht.

Zur Reduktion der Strahlenexposition der Mamma kann die Röhrenstrommodulation in z-Richtung verwendet werden; alternativ ist bei einigen CT-Geräten ein sektorielles Ausschalten/Reduzieren des Röhrenstroms im anterioren Winkelbereich möglich. Die Verwendung von Brustschilden wird nicht empfohlen, da deren Verwendung die Bildqualität negativ beeinflusst und durch den Einsatz der Röhrenstrommodulation oder des sektoriellen Reduzierens des Röhrenstroms bei vergleichbarer Bildqualität niedrigere Dosiswerte erreicht werden [6, 12, 39]. Die durch Röhrenstrommodulation und Sektorscan mögliche Dosisersparnis liegt bei ca. 10 %, die mittlere Dosis der Mamma kann von ca. 10,6 auf 6,1 mGy (40 %) beim Sektorscan bzw. 9,6 mGy (10 %) bei Röhrenstrommodulation in z-Richtung gesenkt werden.

Durch die Verwendung eines Schilddrüseneschutzes kann eine Reduktion der Organdosis von 8,37 auf 5,78 mGy um 31 %, bzw. durch Verwendung eines Augenlinsenschutzes die entsprechende Organdosis von 0,32 auf 0,22 mGy um ebenfalls 31 % erzielt werden [2]. Ein Schutz der Schilddrüse ist bei allen pädiatrischen Altersgruppen wegen der Körperproportionen, insbesondere wegen des sehr kurzen Halses, nicht praktikabel.

Die Verwendung einer Bleiabdeckung um das Abdomen reduziert eine geringe

Radiologe 2017 · 57:534–540 DOI 10.1007/s00117-017-0258-3
© Der/die Autor(en) 2017. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

M. Fiebig

Praktischer Strahlenschutz am Patienten in der radiologischen Diagnostik

Zusammenfassung

Hintergrund. Durch die Verwendung von Strahlenschutzmitteln kann die Strahlenexposition von Patienten reduziert werden.

Fragestellung. Es soll dargestellt werden, welche Strahlenschutzmittel bei welchen Untersuchungen eingesetzt werden sollen.

Material und Methode. Die Ergebnisse von Studien wurden zusammengestellt, analysiert und daraus Empfehlungen für die Anwendung von Strahlenschutzmitteln erstellt. Dabei wurden die absoluten Dosiswerte und die Schutzwirkung berücksichtigt.

Ergebnisse. Bei vielen Untersuchungen sind Strahlenschutzmittel anzuwenden,

insbesondere bei CT-Untersuchungen besteht aufgrund der höheren Strahlendosis ein gutes Dosisreduktionspotenzial.

Schlussfolgerungen. Aufgrund der Empfehlungen ist bei einigen Untersuchungsarten mit veränderten Arbeitsabläufen aufgrund der Anwendung weiterer Strahlenschutzmittel zu rechnen.

Schlüsselwörter

Strahlendosis · Abschirmung · Untersuchungsarten · Veränderte Arbeitsabläufe · Dosisreduktionspotenzial

Practical radiation protection of the patient in radiological diagnostics

Abstract

Background. The use of radiation protection equipment can reduce the radiation exposure of patients.

Objectives. The aim was to show which patient shields should be used for the different types of examination.

Methods. The results of multiple studies were compiled and analyzed and recommendations made for the use of patient shields. The absolute dose values and the protective effect were considered.

Results. Radiological protection should be used in many investigations; particularly in

the case of CT investigations, a reasonable dose reduction potential exists due to the higher radiation dose.

Conclusions. Based on these recommendations, workflow changes in some types of investigation are expected due to the use of additional patient shields.

Keywords

Radiation dose · Shielding · Investigation type · Altered workflow · Dose reduction potential

Dosis deutlich, bei Schwangeren ist die Bleiabdeckung unbedingt anzuwenden. Die Röhrenstrommodulation ist unbedingt einzusetzen, wenn möglich, sollte das sektorielle Ausschalten des Röhrenstroms verwendet werden. Beide Maßnahmen tragen zu einer Verminderung der Dosis im Thorax bei und hierdurch mittelbar zu einer Verminderung der intrakorporalen Streustrahlung. Eine Abdeckung der Schilddrüse reduziert die Organdosis deutlich und sollte daher vorgenommen werden.

CT des Beckens oder Abdomens

Eine Abdeckung der männlichen Gonaden bzw. eine Hodenkapsel reduziert die Strahlenexposition der Gonaden (1–2 mGy außerhalb des Strahlengangs) um 58–95 % [8, 16, 17, 28]. Aufgrund auftretender Artefakte sollte der Strahlenschutz, insbesondere bei der Beurteilung des Beckens, nicht im Strahlengang liegen [8]. Bei eingeschalteter Belichtungsautomatik würde dies zudem zu einer Erhöhung des Röhrenstroms und damit der Dosis sowohl an den Gonaden als auch an den übrigen Strukturen führen. Ist die Exposition der Gonaden zur Beurteilung des Beckens nicht

Tab. 1 Am Patienten anzuwendende Strahlenschutzmittel bei verschiedenen Untersuchungsarten und Patienten

Untersuchungsart	Zielgruppe	Strahlenschutzmittel
<i>Computertomographie</i>		
CT Hirnschädel (CCT)	Mann/Frau/Kind	Augenlinsenschutz, wenn Augen im direkten Strahlenfeld Schilddrüsenschutz
	Frau	Brustschutz
CT NNH/Gesichtsschädel DVT NNH	Mann/Frau/Kind	Augenlinsenschutz, wenn Augen im Strahlenfeld Schilddrüsenschutz
CT Thorax	Mann/Frau	Schilddrüsenschutz Bleiabdeckung um das Abdomen bei Schwangeren
CT Becken/Abdomen	Mann	Hodenkapsel
<i>Projektionsaufnahmen</i>		
Kopf	Mann/Frau/Kind	Röntgenschürze
Thorax	Mann/Frau/Kind	Rundumschürze Abdomen
Lendenwirbelsäule	Mann/Frau/Kind	Ovarialabdeckung/Hodenkapsel wenn möglich, Abdeckung der Brust
Becken und Hüftgelenk	Mann/Frau/Kind	Hodenkapsel, Ovarialabdeckung wenn möglich
Abdomen	Mann	Hodenkapsel
Mammographie	Frau	Kein Schutz notwendig
Zahnmedizin	Frau	Kein Schutz notwendig

NNH Nasennebenhöhlen, DVT digitale Volumentomographie

vermeidbar, sollte eine organbasierte Röhrenstrommodulation verwendet werden, die eine Reduktion der oberflächennahen, strahlensensiblen Organe von bis zu 50 % erreicht [23].

Die Verwendung einer Hodenkapsel beim Mann ist sinnvoll, solange sich diese nicht im Abbildungsbereich befindet. Bei Jungen ist eine Hodenkapsel individuell abhängig vom Entwicklungsstand anzuwenden.

Verwendung von Strahlenschutzmitteln bei Projektionsaufnahmen

Neben einer guten Lagerung und Fixierung nicht kooperierender Patienten ist eine korrekte objekt- und fragestellungsbezogene Einblendung in der Projektionsradiographie von überragender Bedeutung. Dies ist besonders bei pädiatrischen Patienten zu beachten, da der prozentuale Feldgrößenzuwachs umso höher ist, je kleiner das Ausgangsformat ist, also insbesondere in der neonatalen Radiologie. Die Einblendung muss auf dem Bild erkennbar sein. Eine

zusätzliche Bleiabdeckung (z. B. Gonadenschutzschürzen, Bleigummimatten oder Strahlenschutzschürzen) der an den Rand des Strahlenfeldes angrenzenden Abschnitte des Körperstamms ist v. a. bei Kindern und jüngeren Patienten wichtig [4].

Kopf

Diese Untersuchung ist nur in wenigen Fällen indiziert. Wenn sie durchgeführt wird, sollte eine Gonaden- oder Bleischürze mit 0,5 mm Bleigleichwert verwendet werden. Ein Schilddrüsenschutz verringert eine geringe Dosis (20 µGy) wenig und ist daher nicht zwingend notwendig [13, 24]. Bei Patientenaufnahmen im Liegen sollte eine Bleiabdeckung den Körperstamm abdecken.

Thorax

Studien zeigen, dass bei der p.a.-Aufnahme die Gonadendosis bei ca. 0,2 µGy liegt, also sehr niedrig ist. Bei Erwachsenen kann bei Standardthoraxaufnahmen p.a. am Vertikalstativ durch eine

Gonadenschürze auf der dem Detektor zugewandten Seite die Hodendosis um 73 % (ca. 150 nGy), die Ovariendosis um 10 % (20 nGy) reduziert werden, weil die Streustrahlung, die die Gonaden trifft, zum größten Teil vom Detektor ausgeht. Eine Gonadenschürze auf der der Röhre zugewandten Seite hingegen reduziert die Hodendosis nur um 12 %, die Dosis der Ovarien um 5 % [27, 31].

Bei pädiatrischen Patienten werden die Säuglinge nicht p.a., sondern a.p. im Hängen geröntgt; bei Patienten ab ca. 1,5 Jahren bis zum 10. Lebensjahr erfolgt die Thoraxaufnahme p.a. im Sitzen ohne Streustrahlenraster am Kinderstativ mit einer Aufnahmespannung von 75–80 kV. Ein detektornaher Gonadenschutz oder ein „Rundumbleigummischutz“ sind im frühen Lebensalter nicht notwendig und nicht praktikabel. Der Gonadenschutz muss daher bis zum 10. Lebensjahr vorne angebracht werden.

In der neonatalen Radiographie sollte schließlich die Bleigummiabdeckung nicht im Inkubator direkt am Patienten, sondern auf dem Inkubator erfolgen. Dies ist durch schwerwiegende hygienische Bedenken (nosokomiale Infektionen, MRSA, ESWL-Bakterien u. a.) und der Kompression des Oberbauchs mit Beeinträchtigung der Atmung begründet.

Da das Verwenden eines Gonadenschutzes bei der Thoraxaufnahme etabliert ist, sollte dieser weiterhin auf der dem Detektor zugewandten Seite oder mit einer Rundumschürze erfolgen. Bei Schwangeren muss eine Rundumschürze verwendet werden. Bei Bettaufnahmen oder Aufnahmen im Inkubator sollte die röhrenseitige Bleiabdeckung verwendet werden.

Lendenwirbelsäule

Bei Aufnahmen der LWS liegt die Dosis des Uterus bei ca. 0,5 mGy, die der Testes bei ca. 37 µGy. Durch Verwendung von Strahlenschutzmittel an der unteren Strahlenfeldgrenze können die Dosen nur leicht reduziert werden. [5, 22]. Eine Abdeckung der Brust reduziert die Dosis der Brust von ca. 0,4 auf ca. 0,08 mGy [25].

Aufgrund der eingeschränkten Schutzwirkung ist eine Bleigummiabdeckung

der unmittelbar anschließenden Abschnitte des Körperstamms bei Erwachsenen optional, sollte bei Kindern aber immer erfolgen. Eine Abdeckung der Brust ist ebenfalls sinnvoll.

Becken und Hüftgelenk

Eine Patientenabdeckung der Gonaden im direkten Strahlengang reduziert die Gonadendosis des Mannes (0,8 mGy) um 93–95 % und die der Frau (0,2 mGy) um 50–86 %. Außerhalb des Nutzstrahls beträgt die Gonadendosis weniger als 0,1 mGy, kann jedoch ebenfalls mit einer Hodenkapsel deutlich reduziert werden [5, 22].

Der Gonadenschutz wird häufig falsch positioniert, insbesondere bei Mädchen und Frauen, was zu Fehlaufnahmen führen kann [20, 40]. Eine exakte Positionierung des Ovarien schutzes ist essenziell, ggf. sollte er weggelassen werden.

Durch die Hodenkapsel kann die geringe bis mittlere Dosis der Testes beim Mann deutlich reduziert und sollte daher verwendet werden. Bei der Frau kann die ohnehin geringe Dosis der Ovarien reduziert werden, aber nur wenn der Ovarien schutz exakt positioniert wird. Bei Kindern sind zusätzlich angrenzende Körperteile zu schützen.

Abdomen

Die Reduzierung der Gonadendosis ist vergleichbar mit der bei der Beckenaufnahme. Die Hoden liegen hier nicht im Direktstrahl ($<0,1$ mSv). Die Ovarien liegen im diagnostisch relevanten Bereich, sodass sie nicht abgedeckt werden können.

Eine Abdeckung der Brust reduziert die Strahlenexposition der Brust (0,1 mSv) um 80 % [22, 25].

Bei Jungen und Männern sollte eine Hodenkapsel verwendet werden. Eine Abdeckung der Brust ist auch bei ihnen sinnvoll. Bei Kindern sind zusätzlich angrenzende Körperteile (Thorax) zu schützen.

Extremitäten

Bei Aufnahmen der Extremitäten sind Gonadenschürzen zu verwenden und

durch die Positionierung sind Risikoorgane soweit wie möglich zu schützen. Bei pädiatrischen Patienten sollte eine Bleigummiabdeckung der unmittelbar anschließenden Körperabschnitte verwendet werden.

Mammographie

Studien zeigen, dass keine signifikante Zunahme von Schilddrüsenkrebs mit der Anzahl von Mammographien besteht [35]. Die Schilddrüsendosis wird konservativ geschätzt mit 40 μ Sv als Organ dosis angegeben [41]; neuere Studien zeigen Dosiswerte von durchschnittlich 2 μ Sv [36]. Der Einsatz eines Schilddrüsenschutzes ist hier eher nicht notwendig.

Die Organdosen für das Auge werden mit durchschnittlich 2 μ Sv und des Uterus mit $<0,03$ μ Sv angegeben. Auch hier sind weitere Schutzmaßnahmen nicht notwendig.

Röntgenaufnahmen in der Zahnmedizin

Die in der Zahnmedizin verwendeten Strahlenenergien und Feldgrößen erzeugen nur Streustrahlenfelder mit geringen Dosen.

Bei Untersuchungen von Panoramaaufnahmen und dentalen Cone-beam-CT-Bildern zeigten sich keine signifikanten Dosisersparungen durch das Tragen einer Patientenschürze [32–34].

Die Ergebnisse der benannten Studien zeigen, dass insbesondere bei den CT-Untersuchungen die Verwendung von Strahlenschutzmittel sinnvoll ist. Hier können im Vergleich zu Projektionsaufnahmen deutlich höhere Dosen für einzelne Risikoorgane eingespart werden. Gleichzeitig ist die korrekte Anwendung von Strahlenschutzmitteln in der CT durchaus mit Schwierigkeiten verbunden, da es, wenn sie nicht korrekt angewendet werden, zur Verschlechterung der Bildqualität und zu Fehlern bei der Belichtungsautomatik kommen kann, die zu höheren Dosen an nicht abgeschirmten Strukturen führen. Hier ist eine gute Ausbildung des Personals notwendig.

In **Tab. 1** sind die oben angegebenen empfohlenen Strahlenschutzmittel

für die relevanten Untersuchungsarten zusammenfassend dargestellt.

Fazit für die Praxis

- Bei CT-Untersuchungen sind Augenlinse, Schilddrüse, Brust und Gonaden besonders zu schützen.
- An das Strahlenfeld angrenzende Körperbereiche sind durch Strahlenschutzmittel abzudecken.
- Bei der Anwendung von Strahlenschutzmitteln in der Computertomographie ist darauf zu achten, dass die Belichtungsautomatik und die Bildqualität nicht von den Strahlenschutzmitteln negativ beeinflusst werden.
- Bei Projektionsaufnahmen treten bei der Mammographie und in der Zahnmedizin Streustrahlenfelder mit geringen Dosen auf, bei denen keine Strahlenschutzmittel verwendet werden müssen.
- Auf Verlangen sind dem Patienten Strahlenschutzmittel anzubieten.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. M. Fiebich

Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz, Technische Hochschule Mittelhessen, Wiesenstr. 14, 35390 Gießen, Deutschland
Martin.Fiebich@lse.thm.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Fiebich gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine vom Autor durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

1. Beaconsfield T, Nicholson R, Thornton A et al (1998) Would thyroid and breast shielding be beneficial in CT of the head? *Eur Radiol* 8(4):664–667
2. Buchgeister M, Sieburg S, Röll M et al (2012) Dosisreduktion der Augen- und Schilddrüsenexposition durch Abschirmung in der klinischen Thorax Computertomographie. *Fortschr Röntgenstr.* doi:10.1055/s-0032-1311469
3. Bulla S, Pache G, Hassepass F et al (2012) Strahlendosisreduktion in der Niedrigdosis-CT der Nasennebenhöhlen durch Verwendung einer organspezifischen Dosisreduktion (X-Care) anstelle eines Bismut Augenschutzes. *Fortschr Röntgenstr.* doi:10.1055/s-0032-1311106
4. Bundesärztekammer (2007) Leitlinie zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik – Qualitätskriterien röntgendiagnostischer Untersuchungen
5. Clancy CL, O'Reilly G, Brennan PC et al (2010) The effect of patient shield position on gonad dose during lumbar spine radiography. *Radiography* 16:131–135
6. Colletti PM, Micheli OA, Lee KH (2013) To shield or not to shield: application of bismuth breast shields. *AJR Am J Roentgenol* 200:503–507
7. Danova D, Kästner B, Wulff J et al (2010) Reduction of uterus dose in clinical thoracic computed tomography. *Fortschr Röntgenstr* 182(12):1091–1096
8. Dauer LT, Casciotta KA, Erdi YE et al (2007) Radiation dose reduction at a price: the effectiveness of a male gonad shield during helical CT scans. *BMC Med Imaging* 7:5
9. DIN (2009) 6857-1 Strahlenschutzbehälter bei medizinischer Anwendung von Röntgenstrahlung – Teil 1: Bestimmung der Abschirmeigenschaften von bleifreier oder bleireduzierter Schutzkleidung
10. DIN (2016) EN 61331-3, Strahlenschutz in der medizinischen Röntgendiagnostik, Teil 3: Schutzkleidung und Gonadenschutz
11. EURATOM (2013) Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung
12. Foley AJ, McEntee MF, Rainford LA (2013) An evaluation of in-plane shields during thoracic CT. *Radiat Prot Dosimetry* 155:439–450
13. Gallini RE, Belletti S, Berra V et al (1992) Adult and child doses in standardised X-ray examinations. *Radiat Prot Dosimetry* 43(1–4):41–47
14. Goren AD, Prins RD, Dauer LT et al (2013) Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofac Radiol* 42(6):20120260
15. Güldner C, Ningo A, Voigt J et al (2013) Potential of dose reduction in cone-beam-computed tomography (CBCT) for radiological diagnostics of the paranasal sinuses. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 270(4):1307–1315
16. Hidajat N, Schröder RJ, Vogl T et al (1996) Effektivität der Bleiabdeckung zur Dosisreduktion beim Patienten in der Computertomographie. *Fortschr Röntgenstr* 165:462–465
17. Hohl C, Mahnen AH, Klotz E et al (2005) Radiation dose reduction to the male gonads during MDCT: the effectiveness of a lead shield. *AJR Am J Roentgenol* 184:128–130
18. Iball GR, Brett DS (2011) Organ and effective dose reduction in adult chest CT using abdominal lead shielding. *Br J Radiol* 84:1020–1026
19. Keil B, Wulff J, Auvanis D et al (2008) Schutz der Augenlinse in der Computertomographie – Dosisreduktion an einem antropomorphen Phantom mittels Thermolumineszenzdosimetrie und Monte-Carlo Simulationen. *Fortschr Röntgenstr* 180:1047–1053
20. Kenny N, Hill J (1992) Gonad protection in young orthopaedic patients. *BMJ* 304:1411–1413
21. Liebmann M, Lüllau T, Kluge A et al (2014) Patient radiation protection covers for head CT scans – A clinical evaluation of their effectiveness. *Fortschr Röntgenstr* 186:1022–1027
22. Liu H, Zhuo W, Chen B et al (2008) Patient doses in different projections of conventional diagnostic X-ray examinations. *Radiat Prot Dosimetry* 132:334–334
23. May MS, Wuest W, Lell MM et al (2012) Aktuelle Strategien zur Dosisreduktion in der Computertomographie. *Radiologe* 52:905–913
24. Mazonakis M, Damilakis J, Raissaki M et al (2004) Radiation dose and cancer risk to children undergoing skull radiography. *Pediatr Radiol* 34:624–629
25. Mekis N, Zontar D, Skrk D (2013) The effect of breast shielding during lumbar spine radiography. *Radiol Oncol* 47:26–31
26. Ngaile JE, Uiso CB, Msaki P et al (2008) Use of lead shields for radiation protection of superficial organs in patients undergoing head CT examinations. *Radiat Prot Dosimetry* 130(4):490–498
27. Njeh CF, Wade JP, Goldstone KE (1996) The use of lead aprons in chest radiography. *Radiography* 3:143–147
28. Price R, Halson P, Sampson M (1999) Dose reduction during CT scanning in an anthropomorphic phantom by the use of a male gonad shield. *Br J Radiol* 72:489–494
29. Raissaki M, Perisinakis K, Damilakis J et al (2010) Eye-lens bismuth shielding in paediatric head CT: artefact evaluation and reduction. *Pediatr Radiol* 40:1748–1754
30. Röntgenverordnung (2011) Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen
31. Roth J, Nemec HW, Sander R (2001) Bleigummi-Abdeckungen bei Patienten während Röntgenuntersuchungen: Strahlenschutz oder Feigenblatt? *Radiol Aktuell* 2:2–4
32. Rottke D (2013) Influence of lead apron shielding on absorbed doses from panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 42(10):20130302
33. Rottke D, Patzelt S, Poxleitner P, Schulze D (2013) Effective dose span of ten different cone beam CT devices. *Dentomaxillofac Radiol* 42(7):20120417
34. Schulze R KW, Cremers C, Karle H et al (2016) Skin entrance dose with and without lead apron in digital panoramic radiography for selected sensitive body regions. *Clin Oral Investig.* doi:10.1007/s00784-016-1886-0
35. Sechopoulos I, Hendrick RE (2013) Mammography and the risk of thyroid cancer. *AJR Am J Roentgenol* 198(3):705–707
36. Sechopoulos I, Suryanarayanan S, Vedantham S et al (2008) Radiation dose to organs and tissues from mammography: Monte Carlo and phantom study. *Radiology* 246(2):434–443
37. Strahlenschutzkommission (2010) Strahlenschutzanforderungen an IGRT (image guided radiotherapy/bildgeführte Strahlentherapie). Empfehlung der Strahlenschutzkommission
38. Strahlenschutzkommission (2011) Strahlenschutz des Patienten bei CT-Untersuchungen des Schädels (Gantrykippen). Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Bonn
39. Vollmar SV, Kalender WA (2008) Reduction of dose to the female breast in thoracic CT: a comparison of standard-protocol, bismuth-shielded, partial and tube-current-modulated CT examinations. *Eur Radiol* 18:1674–1682
40. Warlow T, Walker-Birch P, Cosson P (2014) Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: effectiveness and practice. *Radiography* 3:178–182
41. Whelan C, McLean D, Poulos A (1999) Investigation of thyroid dose due to mammography. *Australas Radiol* 43(3):307–310