

EINFÜHRUNG DIAGNOSTISCHER REFERENZWERTE IN DER SCHWEIZ

A. Aroua^{*}, H. Jung[#], R. Linder[#], H. W. Roser[&],
J. Roth[&], Th. Theiler[#], Ph. R. Trueb[#],
J.-F. Valley^{*} and F.R. Verdun^{*}

^{*} Institut Universitaire de Radiophysique Appliquée, Lausanne

[#] Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, Bern

[&] Universitätsspital Basel, Basel

ZUSAMMENFASSUNG

Diagnostische Referenzwerte (DRW) in der medizinischen Diagnostik haben die Funktion Situationen zu erkennen, in denen die Strahlenbelastung für den Patienten nicht akzeptiert werden kann. Nationale Referenzwerte werden für übliche Untersuchungsarten empirisch auf der Basis der beobachteten Untersuchungspraktik durch Messung eines ausgewählten Patientenkollektives in verschiedenen Spitälern festgelegt. Das Konzept der Diagnostischen Referenzwerte ist international zur Optimierung der Patientendosis anerkannt. Als Referenzwerte werden einfach zu messende Grössen ausgewählt, welche einen direkten Bezug zur Patientendosis haben und so eine effizientes Dosismanagement erlauben. Werden Referenzwerte bei Standarduntersuchungen überschritten, müssen durch das zuständige Personal korrigierende Massnahmen eingeleitet werden. Referenzwerte stellen aber keine Grenzwerte dar und sollen nur im Rahmen der Optimierung der Patientendosis verwendet werden.

SUMMARY

Diagnostic Reference Levels (DRL) for diagnostic medical exposure have the function of investigation levels to help identify hospitals where the dosimetric performance is potentially unacceptable. National reference dose levels for common procedure are set empirically on the basis of observed practice by measuring dose levels from sample of patients from numerous hospitals. The concept of reference doses is already recognized as a useful and practical tool for promoting the optimization of patient protection. The levels are set in terms of quantities that can provide an indication of typical dosimetric performance for the purpose of comparison of examination technique. Otherwise appropriate steps should be taken by the department to improve practice. Reference dose levels are quite different in concept from dose limits and should only be used for the mentioned optimization process.

EINFÜHRUNG

Der Beitrag der diagnostischen Röntgenuntersuchungen an der Kollektivdosis der Schweizer Bevölkerung beträgt heute über einem Viertel. Eine neuere Studie [1] über die Strahlenbelastung der Schweizerischen Bevölkerung durch die radiologische Bildgebung hat gezeigt, dass der Anteil bei etwa 29% liegt. Im Weiteren hat sich gezeigt, dass diese Untersuchungsarten, welche zu effektive Dosen für die Patienten in der Größenordnung von einigen mSv bis zu mehreren Dutzend mSv führen, auch sehr hohen Oberflächendosen (bis zu einigen Gy) ergeben, was ein signifikantes Risiko für deterministische Effekte bedeutet.

Bei einer Untersuchung durch das Institut universitaire de radiophysique appliquée in Lausanne hat sich gezeigt, dass insbesondere die mittlere kollektive Dosis der Schweizer Bevölkerung durch die Anwendung von Computertomographen (CT) markant gestiegen ist: Im

Zeitraum von 1998 bis 2003 hat sich die Exposition der Schweizer Bevölkerung durch CT-Untersuchungen verdoppelt.

| Anwendung | Anteil an der kollektiven Dosis 1998 in % | Veränderung in der Zeitspanne von 1998 bis 2003 | | |
|--------------|--|---|----------------------|-----------------|
| | | Frequenz | Dosis / Untersuchung | Kollektiv Dosis |
| Radiographie | 41.2% | 1.00 | 0.82 | 0.82 |
| Fluoroskopie | 28.6% | 0.61 | 1.66 | 1.01 |
| CT | 27.8% | 1.66 | 1.20 | 1.99 |

Fig. 1 Zunahme der medizinischen Strahlenexposition in der Diagnostik

In der obigen Tabelle (Fig. 1) wird ersichtlich, dass die Dosis pro CT-Untersuchung um rund 20% zugenommen hat, was vor allem auf die gestiegene Erwartung an die Bildqualität und auf vermehrte Durchführung von mehrphasigen Untersuchungen zurückzuführen ist. Zudem hat die Anzahl Untersuchungen stark um 66% zugenommen. Insgesamt bedeutet das die oben erwähnte Verdoppelung der kollektiven Dosis des CT-Anteils. In der Fluoroskopie hat sich die mittlere kollektive Dosis trotz Zunahme (+66%) der Dosis pro Untersuchung kaum verändert, da die Zahl der Untersuchungen deutlich zurück ging (-39%), weil einige davon heute mittels Computertomographie durchgeführt werden. Bei der klassischen Aufnahmetechnik (Radiographie) zeigt sich der günstige Einfluss durch die vermehrte Verwendung von empfindlicheren Film-Folien-Kombinationen auf die Patientendosis (-18%).

In diversen internationalen Gremien wird die Problematik des Strahlenschutzes der Patienten und der Radiologen vertieft behandelt. Die Internationale Strahlenschutz-Kommission (ICRP) hat eine ihrer Publikationen diesem Thema gewidmet, in der das Vorgehen zur Vermeidung von strahleninduzierten Schäden beschrieben wird [2]. In ähnlicher Form wird in der Europäischen Richtlinie 97/43 in Artikel 9 festgehalten, dass „die Mitgliedstaaten dafür sorgen, daß für medizinische Expositionen [...] mit hohen Patientendosen, wie z. B. interventionelle Radiologie, Computertomographie und Strahlentherapie, geeignete radiologische Ausrüstung, praktische Techniken und Zusatzausrüstung benutzt werden.“ [3]

In der Schweiz hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) in Zusammenarbeit mit dem Institut Universitaire de Radiophysique Appliquée (IRA) anfangs 2000 eine Arbeitsgruppe einberufen mit dem Ziel, die Optimierung des Strahlenschutzes bei dosisintensiven Röntgenuntersuchungen zu verbessern (*Optimierung des Strahlenschutzes bei dosisintensiven Untersuchungen in der Radiologie* – OSUR). Die betroffenen Fachgesellschaften wurden dazu eingeladen sich in dieser Arbeitsgruppe zu beteiligen: Allgemeinmediziner, Radiologen, Kardiologen, Fachleute für medizinisch-technische Radiologie und Medizinphysiker. Eines der Hauptthemen der Arbeitsgruppe, welches in den letzten Jahren zentrale Bedeutung bei der Optimierung der Patientendosis in der diagnostischen und interventionellen Radiologie erhalten hat, ist die Definition, die Einführung und die Umsetzung von diagnostischen Referenzwerten (DRW). Die steigende Bedeutung dieser Größe zeigt sich auch im zunehmenden Interesse internationaler, regionaler und nationaler Gremien [3-6] und der großen Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten, Kongressen und Zeitschriften, die dem DRW eine hohe Priorität einräumen. [7]

Die Internationale Strahlenschutz-Kommission (ICRP) führte den Begriff der „DRW“ zu ersten Mal 1996 in einer Publikation [8] ein, mit den Empfehlungen, die DRW durch offizielle Organe festzulegen, deren Anwendung für Patientendosen oder Aktivitäten von Radiophar-

mazeutikas und der direkten Überprüfung der eigenen Untersuchungstechnik bei Überschreitung der DRW durch das Fachpersonal.

Im Jahr 2001 hat die ICRP auf internationalem Niveau in einer Zusammenstellung eine Reihe von Diagnostischen Referenzwerten DRW vorgeschlagen [4]. Die Angaben in dieser Veröffentlichung decken fünfzehn Radiographien für erwachsene Patienten, nur wenige pädiatrische Aufnahmen, drei Durchleuchtungs-Untersuchungen, zehn CT-Untersuchungen, Mammographie und fünf dentale Untersuchungstechniken ab.

Die DRW sollen ausschließlich bei diagnostischen und interventionellen Untersuchungen (Röntgenstrahlen und Nuklearmedizin) -Radiotherapie ist damit ausgeschlossen-, und in erster Linie bei den am meisten durchgeführten Untersuchungstypen angewandt werden. Die ICRP weist in ihrer Publikation 73 (Paragraph 104) darauf hin: "Diagnostic reference levels should be related only to common types of diagnostic examination" [8]. Dagegen besagt die Publikation 109 der Europäischen Kommission [5] in Paragraph 14: „Grundsätzlich sind diagnostische Referenzwerte bei Standardverfahren in allen Bereichen der Strahlendiagnostik – sowohl in der diagnostischen Radiologie als auch der Nuklearmedizin – anwendbar. Besonders nützlich sind sie aber dort, wo eine erhebliche Reduzierung der individuellen oder kollektiven Dosis erreicht werden kann oder wo eine Reduzierung der Dosisleistung eine relativ hohe Risikominderung bewirkt: i) häufige Untersuchungen einschließlich Reihenuntersuchungen, ii) Hochdosisuntersuchungen wie CT und Verfahren mit langen Durchleuchtungszeiten, etwa in der interventionellen Radiologie, iii) Untersuchungen an strahlenempfindlichen Patienten, z.B. Kindern.“ Die Publikation fügt hinzu: „Allerdings sollte man sich darüber im klaren sein, dass es schwieriger ist, diagnostische Referenzwerte für CT, interventionelle Radiologie und Gruppen von Kindern festzulegen, als für die häufigeren weniger komplexen Expositionen. Die Priorität sollte daher auf die einfacheren und häufigeren Untersuchungen gelegt werden.“

Auch wenn der Umgang mit Diagnostischen Referenzwerten DRW im Falle von komplexen Röntgenuntersuchungen schwierig ist, ist deren Einführung für dosisintensive Untersuchungen wichtig, da der DRW eine Orientierungshilfe für ein gutes Dosismanagement darstellt.

Für die DRW werden einfach zu messende Größen vorgeschlagen. Tabelle 1 zeigt die üblichen verwendeten Größen für die verschiedenen radiologischen Untersuchungstechniken.

Tabelle 1. Dosimetrische Größen, die zur Etablierung von DRW verwendet werden

| Technik | Dosimetrische Größe | Abkürzung | Einheit |
|--|--|-------------------|---------------------|
| Radiographie | Oberfächendosis, pro Aufnahme | ESD | mGy |
| | Dosis-Flächenprodukt, pro Untersuchung | DAP | mGy·cm ² |
| Mammographie | Luft-Kerma an der Oberfläche der Brust, pro Aufnahme | ESAK | mGy |
| Fluoroskopie | Dosis-Flächenprodukt, pro Untersuchung | DAP | mGy·cm ² |
| Angiographie und interventionelle Radiologie | Dosis-Flächenprodukt, pro Untersuchung | DAP | mGy·cm ² |
| | Zahl der Aufnahmen, pro Untersuchung | – | – |
| | Durchleuchtungsdauer, pro Untersuchung | – | min |
| Computertomographie | Gewichteter CT-Dosisindex, pro Schicht oder pro Rotation | CTDI _w | mGy |
| | Dosis-Längenprodukt, pro Untersuchung | DLP | mGy·cm |
| Dental Radiologie | Oberfächendosis, pro Aufnahme für intra-orale Untersuchungen | ESD | mGy |
| | Dosis-Breiten-Produkt für OPG | DWP | mGy·mm |

Im Allgemeinen basieren DRW auf einer dosimetrischen Erhebung. Die weit verbreitete 3. Quartile-Methode benutzt als DRW den Wert in der Dosisverteilung bezüglich dem 75%

der erhobenen Daten kleiner sind. Fehlt bei der Festlegung des DRW die Angabe der Dosisverteilung, wird empfohlen, den Mittelwert mit einem Faktor 1.5 zu multiplizieren [7,9].

METHODE

Zur Ermittlung der DRW wurde je nach der Modalität ein unterschiedliches Vorgehen gewählt. Im Jahr 2002 beteiligte sich die Schweiz an einer europaweiten Erhebung in der Computertomographie. Die Daten der Schweizer Spitäler wurden dabei zur Bestimmung der DRW im CT-Bereich verwendet. In den darauffolgenden Jahren 2003 und 2004 wurden die dosisintensiven Untersuchungen in der interventionellen Radiologie und Kardiologie angegangen. Für die Nuklearmedizin hat das Universitätsspital Basel im Jahr 2004 im Auftrag des BAG eine schweizweite Erhebung der verwendeten Aktivitäten durchgeführt. Für die konventionelle Radiographie hat das Bundesamt für Gesundheit BAG die empfohlenen Werte der EU-Kommission übernommen.

Computertomographie

Eine Studie über die Computertomographie wurde 2002 in verschiedenen europäischen Ländern durchgeführt. Abgedeckt wurden 15 Typen von CT-Untersuchungen (11 für Erwachsene und 4 für Kinder). In der Schweiz haben sich 8 Spitäler an der Studie beteiligt. Informationen über 114 CT-Untersuchungen wurden gesammelt und in Bezug auf die Patientendosis ausgewertet.

Die erhaltenen DRW wurden mit den empfohlenen Werten der EU-Kommission verglichen. Für die Protokolle der Erwachsenenuntersuchungen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zu den EU-Werten, so dass diese für die Schweiz übernommen wurden. Hingegen zeigten sich bei den pädiatrischen Untersuchungen grössere Abweichungen, wobei die Schweizer Werte deutlich restriktiver sind und daher als für die Schweiz geltende DRW bestimmt wurden.

Interventionelle Radiologie und Kardiologie

Im Jahr 2002 startete die Arbeitsgruppe OSUR eine Studie zur Untersuchung der Situation der Fluoroskopie in der Schweiz. Das Ziel war das Studium von acht häufig verwendeten Untersuchungstechniken mit Durchleuchtung in den fünf Universitätsspitalern, die den Grossteil an dosisintensiven Untersuchungen vornehmen, und das Erheben von dosimetrischen Größen zur Bestimmung der DRW für die acht ausgewählten Untersuchungstypen.

An der Studie beteiligt waren die fünf Schweizerischen Universitätsspitäler: Basel, Bern, Genf, Lausanne und Zürich. In der Erhebung in der Kardiologie haben sich zu dem 4 weitere Zentren beteiligt. Für die Erhebung wurden von der Arbeitsgruppe OSUR nach langer internen Diskussion und Konsultationen der beteiligten Zentren acht Untersuchungstypen in der Interventionellen Radiologie (vier diagnostische und vier interventionelle) und 4 Untersuchungstypen in der Kardiologie vorgeschlagen.

Jedes der beteiligten Zentren wurde aufgefordert, für jede dieser Techniken 20 Untersuchungen zu registrieren. Diese Anzahl ergab sich aus einem Kompromiss zwischen der statistischen Qualität und der Erfassungsdauer. Zu jeder erfassten Untersuchung wurde ein Fragebogen ausgefüllt, in dem die Informationen zur Untersuchung (Durchleuchtungsdauer, Zahl der Röntgenaufnahmen, Dosis-Flächenprodukt, Schwierigkeitsgrad der Untersuchung), über den

Patienten (Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht) und über die Erfahrung des behandelnden Arztes (Fachrichtung, Anzahl Jahre mit Durchleuchtungserfahrung, Anzahl durchgeführter Untersuchungen) festgehalten wurde.

Im Weiteren wurden alle in der Studie verwendeten radiologischen Einrichtungen kalibriert. Dabei wurden Abweichungen bis zu einem Faktor 2 in Bezug zu einem Referenzwert in den Anzeigen für das Dosis-Flächenprodukt gefunden. Mit einer entsprechenden Korrektur wurden die Werte normiert.

Nuklearmedizin

In der nuklearmedizinischen Diagnostik ist die verwendete Grösse der DRW die applizierte Aktivität für eine Standard-Untersuchung, welche eine ausreichende Qualität zur Erlangung der diagnostischen Informationen sicherstellen soll. Diese Aktivität bezieht sich in der Regel auf einen 70kg schweren Patienten und ist nach Angaben des Pharmakonherstellers dem Gewicht des Patienten anzupassen (Fachinformation im Beipackzettel).

Diagnostische Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen sind als Optimalwerte für die zu verabreichenden Aktivitäten anzusehen. Wesentliche Abweichungen davon sind nur in begründeten Fällen zulässig. Für pädiatrische Untersuchungen sind – abhängig vom Körpergewicht des Kindes – nur Bruchteile der aufgeführten Erwachsenen-Aktivität zu verabreichen.

Im Fall der nuklearmedizinischen Diagnostik wurden die Diagnostischen Referenzwerte (DRW) durch eine umfassende Erhebung ermittelt, welche im Jahre 2004 in der gesamten Schweiz durchgeführt wurde. Grundlage der diagnostischen Referenzwerte bilden die Medianwerte aus der Aktivitätsverteilung dieser Erhebung. Erfahrungen aus der Praxis, welche innerhalb einer aus Fachpersonen zusammengesetzten Arbeitsgruppe diskutiert wurden, dienen weiter zur Festlegung der DRW.

Konventionelle Radiographie

Da das Schwergewicht der Einführung der DRW bisher bei dosisintensiven Untersuchungen lag, wurden für die konventionelle Radiologie die Empfehlungen der EU-Kommission übernommen. Es hat sich aber gezeigt, dass nicht alle diese Werte überzeugen. So ist zum Beispiel der DRW für eine Aufnahme des Thorax pa sehr eng bemessen, wobei derjenige für eine LWS ap Aufnahme äusserst grosszügig gefasst ist. In Zukunft sollen daher auch in diesem Bereich für die Schweiz angepasste DRW bestimmt werden.

RESULTATE

Computertomographie

Tabelle 2. DRW in der Computertomographie

| Examination | DLP (mGy·cm) | CTDI vol (mGy) |
|--|-------------------------|---------------------------|
| Cranium (acute stroke) | 1200 | 70 |
| Chest, high resolution (bronchiectatis/interstitial lung disease) | 300 | 10 |
| Chest, pulmonary angiography (pulmonary embolism) | 600 | 10 |
| Chest (pulmonary metastases) | 500 | 15 |
| Abdomen/pelvis (rule out abscess) | 1100 | 15 |
| Abdomen/pelvis (follow up of retroperitoneal lymphadenopathy) | 900 | 15 |
| Abdomen/pelvis (urolithiasis) | 1000 | 15 |
| Abdomen (liver metastases from colorectal carcinoma) | 1100 | 15 |
| Cranium, paediatric (battered child or trauma, 1-12 months old) | 150 | 25 |
| Cranium, paediatric (follow up hydrocephalus, 4-6 years old) | 350 | 35 |
| Chest, paediatric (congenital chest abnormality, 1-12 months old) | 100 | 10 |
| Chest, paediatric (bronchiectasis/chronic lung disease, 4-6 years old) | 150 | 15 |

Interventionelle Radiologie und Kardiologie

Tabelle 3. Diagnostische Referenzwerte DRW der acht ausgewählten Untersuchungsarten in der Interventionellen Radiologie

| Examination | DAP (Gy·cm²) |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Barium meal | 100 |
| Angiography of lower limb | 120 |
| Cerebral angiography | 150 |
| Barium enema | 200 |
| Hepatic embolisation | 300 |
| Biliary drainage & stent insertion | 350 |
| Cerebral embolisation | 450 |
| Iliac dilation & stent insertion | 650 |

Tabelle 4. Diagnostische Referenzwerte DRW der vier ausgewählten Untersuchungsarten in der Kardiologie

| Examination | DAP (Gy·cm ²) |
|-------------------|---------------------------|
| Coronarography | 70 |
| PTCA | 100 |
| Electrophysiology | 10 |
| Thermoablation | 200 |

Nuklearmedizin

Tabelle 5: Diagnostische Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen bei Erwachsenen

| Untersuchung | Radionuklid | Pharmakon | Applikationsart | Diagnostischer Referenzwert DRW in MBq |
|---|-------------|------------------------------------|-----------------|--|
| Skelett | Tc-99m | DPD (Teceos), MDP (Lenoscint), HDP | iv | 700 |
| Schilddrüse | I-123 | Jodid | po | 10 |
| | I-131 | Jodid | po | 3 |
| | Tc-99m | Pertechnetat | iv | 75 |
| | Tc-99m | MIBI (Cardiolite) | iv | 170 |
| Nebenschilddrüse | I-123 | Jodid | po | 20 |
| | Tc-99m | MIBI (Cardiolite) | iv | 550 |
| Perfusion Lunge | Tc-99m | MAA | iv | 180 |
| Ventilation Lunge | Xe-133 | Gas | ih | 400 |
| | Tc-99m | Aerosol (DTPA) | ih | (1) 1000 |
| | Tc-99m | Technegas | ih | (2) 300,(3) 500 |
| Myokard | Tl-201 | Chlorid | iv | (4) 100 |
| | Tc-99m | MIBI (Cardiolite) | iv | (5) 300,900;(6) 2x600 |
| | Tc-99m | Tetrofosmin (Mioview) | iv | (5) 300,900;(6) 2x600 |
| Ventrikulographie | Tc-99m | Pertechnetat, Erythrozyten | iv | 1000 |
| Niere | Tc-99m | DTPA | iv | 200 |
| | Tc-99m | MAG3 | iv | 100 |
| | Tc-99m | DMSA | iv | 120 |
| | I-123 | Hippuran | iv | 40 |
| | Cr-51 | EDTA | iv | 4 |
| I-MCUG (Isotopen-Miktionscystourogramm) | Tc-99m | DPD, MDP | bl | 20 |
| Hirn | Tc-99m | ECD (Neurolite) | iv | 800 |
| | Tc-99m | HMPAO (Ceretec) | iv | 800 |
| | I-123 | Ioflupane | iv | 180 |
| Cisternoszintigraphie | In-111 | DTPA | it | 40 |
| Leber | Tc-99m | IDA | iv | 200 |
| | C-14 | Urea | po | 0,04 |
| Magenentleerung | Tc-99m | Testmahlzeit | po | 40 |
| Meckel-Divertikel | Tc-99m | Pertechnetat | iv | 180 |

| | | | | |
|---------------------|--------|------------------------------|----|-------------|
| Parotis | Tc-99m | Pertechnetat | iv | 100 |
| Blutungsquelle | Tc-99m | Pertechnetat, Erythrozyten | iv | 750 |
| Entzündung | Tc-99m | Antigranulozyten, Antikörper | iv | 800 |
| | Tc-99m | HIG | iv | 700 |
| Tumor | I-123 | MIBG | iv | 200 |
| | Tc-99m | MIBI (Cardiolite) | iv | 740 |
| | In-111 | Octreoscan | iv | 180 |
| | In-111 | DOTATOC | iv | 110 |
| Tumor (PET) | F-18 | FDG | iv | 350 |
| | F-18 | Cholin | iv | 210 |
| Neurologie (PET) | F-18 | FDG | iv | 200 |
| Hirn (PET) | F-18 | Tyrosin | iv | 230 |
| Knochen (PET) | F-18 | Fluorid | iv | 100 |
| Herz (PET) | F-18 | FDG | iv | (7) 250,350 |
| | N-13 | Ammoniak | iv | 2000 |
| Lymphszintigraphie | Tc-99m | Nanocoll | sc | 80 |
| Plasmavolumen | I-125 | Albumin (HSA) | iv | 0,2 |
| Erythrozytenvolumen | Cr-51 | Erythrozyten | iv | 2 |

- (1) Aktivität im Vernebler, auch weniger bei gutem Wirkungsgrad des Verneblers, abhängig vom Gerätetyp
- (2) Aktivität im Technegasgenerator, planare Aufnahmen
- (3) Aktivität im Technegasgenerator, SPECT
- (4) nur SPECT (keine planaren Aufnahmen), gewichtsabhängig, bei adipösen Patienten gewichtsabhängige Steigerung (Strahlenexposition)
- (5) 1-Tagesprotokoll: 300 MBq und 900 MBq
- (6) 2-Tagesprotokoll: 2 mal 600 MBq
- (7) 250 MBq, 350 MBq für ältere Geräte

Tabelle 6: Bruchteile der zu verabreichenden Erwachsenen-Aktivität bei nuklearmedizinischen Untersuchungen von Kindern unterschiedlichen Körpergewichts

| Körpergewicht des Kindes in kg | Bruchteil der zu verabreichenden Erwachsenen-Aktivität |
|--------------------------------|--|
| 3 | 0,10 |
| 4 | 0,14 |
| 6 | 0,19 |
| 8 | 0,23 |
| 10 | 0,27 |
| 12 | 0,32 |
| 14 | 0,36 |
| 16 | 0,40 |
| 18 | 0,44 |
| 20 | 0,46 |
| 22 | 0,50 |
| 24 | 0,53 |
| 26 | 0,56 |
| 28 | 0,58 |
| 30 | 0,62 |
| 32 | 0,65 |

| | |
|---------|------|
| 34 | 0,68 |
| 36 | 0,71 |
| 38 | 0,73 |
| 40 | 0,76 |
| 42 | 0,78 |
| 44 | 0,80 |
| 46 | 0,83 |
| 48 | 0,85 |
| 50 | 0,88 |
| 52 – 54 | 0,90 |
| 56 – 58 | 0,92 |
| 60 – 62 | 0,96 |
| 64 – 66 | 0,98 |
| 68 | 0,99 |
| ≥ 70 | 1,00 |

Konventionelle Radiographie

Tabelle 7. Diagnostische Referenzwerte DRW für die Radiographie

| Examination | ESD (mGy) |
|--|------------------|
| Thorax (pa) | 0.3 |
| Thorax (lateral) | 1.5 |
| Lendenwirbelsäule (ap oder pa) | 10 |
| Lendenwirbelsäule (lateral) | 30 |
| Lendenwirbelsäule mit lumbosakralem Übergang | 40 |
| Mammographie (axial) | 10 |
| Becken (ap) | 10 |
| Schädel (ap oder pa) | 5 |
| Schädel (lateral) | 3 |

DANKSAGUNG

Die Autoren danken allen Radiologen, Kardiologen, Nuklearmedizinern, Fachleuten für medizinisch-technische Radiologie und allen anderen Beteiligten in den partizipierenden Spitälern für die Zusammenarbeit und die Mithilfe bei der Durchführung der Studien.

REFERENZEN

1. Nation-wide Survey on Radiation Doses in Diagnostic and Interventional Radiology in Switzerland in 1998. Aroua A, Burnand B, Decka I, Vader JP and Valley JF. Health Phys 83(1):46-55 (2002).

2. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. Publication 85. 2000.
3. European Union, On Health Protection of Individuals Against the Dangers of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposure, Council Directive 97/43/Euratom, Official J. Eur. Commun. No L 180, 22-27 (1997).
4. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging, International Commission on Radiological Protection, ICRP Committee 3, Draft (5 February 2001).
5. Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures, European Commission, Radiation Protection 109 (1999).
6. International Atomic Energy Agency, International Basic Safety Standards for Protection against Ionising Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, Vienna 1996.
7. Diagnostic Reference Levels (DRL) for Diagnostic and Interventional Radiology: the Swiss Situation. Aroua A, Besançon A, Buchillier-Decka I, Trueb Ph, Valley JF, Verdun FR and Zeller W. in press (2003).
8. International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 73, Pergamon Press, Oxford (1996).
9. Review of Patient Dosimetry in Cardiology, V. Neofotistou, Radiat. Prot. Dosim. 94(1), pp 177-182 (2001).
10. Estimation of Effective Dose in Some Digital Angiographic and Interventional Procedures, R. Ruiz Cruces, J. Garcia-Granados, F.J. Diaz Romero and J. Hernández Armas, Br J Radiol 71, pp 42-47 (1998).
11. Impact of EC Directive 97/43 Euratom in Interventional Radiology, R. Padovani and M. Maffessanti, Radiat. Prot. Dosim. 90(1-2), pp 39-45 (2000).
12. Patient dose optimisation in cardiology during fluoroscopy examinations, F.R. Verdun et al., Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy: Proceedings of an International Conference held in Malaga, Spain, ISBN: 9201014015, (2001)