

DIAGNOSTISCHE REFERENZWERTE BEI DOSISINTENSIVEN UNTERSUCHUNGEN IN DER RADIOLOGIE

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

^{*} Insitut Universitaire de Radiophysique Appliquée, Lausanne

[#] Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, Bern

ZUSAMMENFASSUNG

Diagnostische Referenzwerte (DRW) sind bei Röntgenuntersuchung im Durchleuchtungsmodus schwierig zu definieren, speziell solche in der Angiographie und in der interventionellen Radiologie. Der Grund liegt in der großen Variabilität zwischen den einzelnen Untersuchungen: Durchleuchtungszeit, Zahl der Röntgenbilder, benötigte Bildqualität. Um diese Problemstellung in der Schweiz anzugehen, wurde eine dosimetrische Erhebung bei den fünf universitären Spitälern durchgeführt, mit dem Ziel bei acht Untersuchungstypen in der diagnostischen und interventionellen Radiologie Diagnostische Referenzwerte festzulegen. Jedes Zentrum wurde aufgefordert für jede dieser acht Typen bei 20 Untersuchungen die Daten über den Patienten und die technischen Parameter zu erheben. Aus den erhaltenen Angaben wurden die Verteilungen des Dosis-Flächenproduktes, der Zahl der Röntgenbilder und der Durchleuchtungsdauer erstellt. Es zeigte sich eine große Variabilität in den Untersuchungstechniken. Aus den erhaltenen Verteilungen wurde ein Satz von DRW ermittelt. Dabei wurde die 3. Quartil-Methode verwendet. Die Ergebnisse wurden zusammen mit Vorschlägen zur Dosisoptimierung an die beteiligten Radiologen versandt.

SUMMARY

Diagnostic Reference Levels (DRLs) are difficult to define in the case of X-ray examinations involving fluoroscopy particularly those performed in angiography and interventional radiology due to the large variability between examinations: fluoroscopy duration, number of images, image quality required. In order to tackle this problem a nation-wide dosimetric survey was performed in Switzerland involving five university hospitals, aiming at establishing a set of DRLs for eight types of examinations performed in diagnostic and interventional radiology. Each centre was requested to provide information on the patients and the technical data related to 20 examinations for each type. From the data collected, the distributions of the dose-area product, the number of images and the duration of fluoroscopy were established. A large variability of the technique was found. A set of DRL values was then determined using the 3rd-quartile method. These results will be sent to the radiologists to be analysed accompanied with some proposals for dose reduction.

SCHLÜSSELWÖRTER

Diagnostische Referenzwerte, Radiologie, Angiographie, Durchleuchtung, Dosisintensive Untersuchungen

KEYWORDS

Radiology, Angiography, Fluoroscopy, Diagnostic Reference Levels, dose-intensive examinations

EINFÜHRUNG

Der Beitrag der fluoroskopischen Röntgenuntersuchungen an der Kollektivdosis, die durch medizinische Strahlenexposition verursacht wird, speziell solche des Gastrointestinaltrakts, in der Angiographie und in der interventionellen Radiologie, ist trotz ihrer relativ kleinen Häufigkeit signifikant. 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.

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 Direktive 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 Radiopharmazeutikas 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	Oberflächendosis, 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	Oberflächendosis, 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].

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.

METHODE

An der Studie beteiligt waren die fünf Schweizerischen Universitätsspitaler: Basel, Bern, Genf, Lausanne und Zürich. Im Folgenden werden diese Spitäler mit CE1 bis CE5 bezeichnet, um die Anonymität der Daten zu gewährleisten. Für die Erhebung wurden von der Arbeitsgruppe OSUR nach langer internen Diskussion und Konsultationen der beteiligten Zentren acht Untersuchungstypen (vier diagnostische und vier interventionelle) vorgeschlagen. Diese acht Untersuchungstypen (vgl. Tabelle 2) werden im Folgenden mit EX1 bis EX8 bezeichnet.

Tabelle 2. Die acht ausgewählten Untersuchungstypen

Untersuchungstyp	Bezeichnung
<i>Diagnostisch</i>	
Ösophagus-Magen-Passage	EX1
Arteriographie der unteren Extremitäten	EX2
Cerebrale Arteriographie	EX3
Colonkontrastmitteldarstellung	EX4
<i>Interventionell</i>	
Hepatische Embolisation	EX5
Perkutane, transhepatische Gallen-Drainage mit Legen eines Stents	EX6
Cerebrale Embolisation oder Coiling	EX7
Iliaca-Dilatation und Legen eines Stents	EX8

Jedes der beteiligten Zentren wurde aufgefordert für jede dieser acht 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 18 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.

RESULTATE UND DISKUSSION

Von den total 800 versandten Erhebungsbögen sind 571 von den Zentren beantwortet und registriert werden. Das entspricht einer Rücklaufquote von 71.4% und einem Durchschnitt von 114 Untersuchungen pro Zentrum und 71 Datenbögen pro Untersuchungstyp.

Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung der erhobenen Daten für das Beispiel der cerebralen Arteriographie. Angegeben ist die Bandbreite und der Mittelwert aller erhobenen Datengrößen aus allen fünf Universitätsspitalern.

Tabelle 3. Untersuchungs- und Patientendaten für die cerebralen Arteriographie (EX3)

Spital		CE1	CE2	CE3	CE4	CE5
Zahl der Untersuchungen		14	20	20	21	16
Durchmesser des Bildverstärkers	17-22 cm (%)	7	10	0	-	100
	23-28 cm (%)	71	20	5	-	0
	29-34 cm (%)	21	50	95	-	0
	35-40 cm (%)	0	20	0	-	0
DAP (Gy·cm ²)	Minimum	47	48	48	8	3
	Maximum	316	996	232	149	147
	Mittelwert	131	208	83	69	39
Durchleuchtungsdauer (s)	Minimum	312	160	240	120	120
	Maximum	5'100	4'260	2'160	1'740	1'080
	Mittelwert	1'379	966	584	592	370
Zahl der Aufnahmen DSA	Minimum	59	5	215	32	103
	Maximum	285	441	770	588	5'486
	Mittelwert	182	233	403	201	2'583
Zahl der Serien DSA	Minimum	3	4	10	5	2
	Maximum	16	376	31	20	15
	Mittelwert	9	60	19	9	6
Schwierigkeitsgrad	leicht (%)	29	15	0	29	0
	normal (%)	57	40	90	71	88
	komplex (%)	14	45	10	0	13
Geschlecht des Patienten	M (%)	43	50	39	48	56
	W (%)	57	50	61	52	44
Alter des Patienten (a)	Minimum	45	21	22	30	40
	Maximum	91	79	69	71	77
	Mittelwert	64	52	53	53	54
Größe des Patienten (cm)	Minimum	153	158	152	158	158
	Maximum	184	197	187	182	185
	Mittelwert	169	173	172	171	173
Gewicht des Patienten (kg)	Minimum	55	52	51	43	58
	Maximum	103	86	95	90	98
	Mittelwert	75	70	74	73	78

Abbildung 1 zeigt die Unterschiede zwischen den einzelnen Zentren in der durchschnittlichen Durchleuchtungsdauer für die acht Untersuchungstypen auf. Es fällt auf, dass für gewisse Untersuchungen die Unterschiede groß sind, für andere hingegen eher klein.

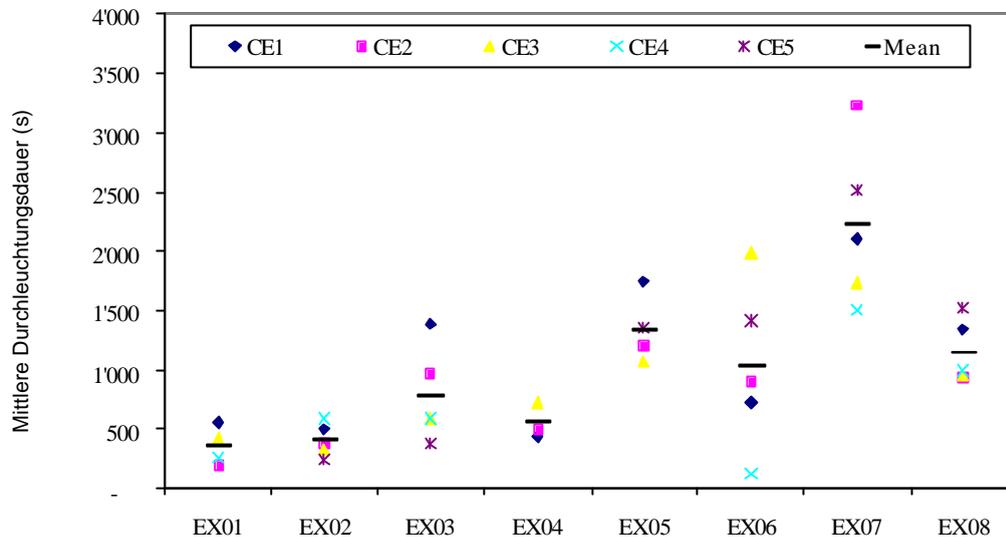


Abbildung 1. Unterschiede zwischen den einzelnen Zentren in der durchschnittlichen Durchleuchtungsdauer

In der Tabelle 4 wird die Korrelation zwischen der Durchleuchtungsdauer und dem Schwierigkeitsgrad der Untersuchung aufgezeigt. Klar zeigt sich die Zunahme der Durchleuchtungszeit mit steigender Komplexität der Untersuchung. Bei den diagnostischen Untersuchungen liegt die mittlere Untersuchungsdauer zwischen 350 und 750s, wobei komplexe Untersuchungen in etwa 10-20% der Fälle auftreten. Während bei den interventionellen Untersuchungen die mittlere Untersuchungsdauer zwischen 1100 und 2100s zu liegen kommt und der Anteil komplexer Untersuchungen auf zwischen 40 und 75% steigt.

Tabelle 4. Korrelation zwischen der mittleren Durchleuchtungsdauer ($\langle T \rangle$ in s) und dem Schwierigkeitsgrad der Untersuchung (in %)

Untersuchungstyp	Anzahl	$\langle T \rangle$	leicht (%)	Normal (%)	Komplex (%)
Ösophagus-Magen-Passage (EX1)	88	351	19	64	17
Arteriographie der unteren Extremitäten (EX2)	94	395	16	76	9
Cerebrale Arteriographie (EX3)	91	754	14	69	16
Colonkontrastmitteldarstellung (EX4)	40	470	15	70	15
Hepatische Embolisation (EX5)	70	1'321	6	54	40
Perkutane, transhepatische Gallen-Drainage mit Legen eines Stents (EX6)	56	1'267	21	34	45
Cerebrale Embolisation oder Coiling (EX7)	58	2'191	2	24	74
Iliaca-Dilatation und Legen eines Stents (EX8)	72	1'149	3	51	46

Die Abbildung 2 zeigt ein Beispiel von einer Verteilung des Dosis-Flächenproduktes DAP, welches in dieser Studie erhoben wurde. Es sind die Daten für die cerebrale Arteriographie dargestellt.

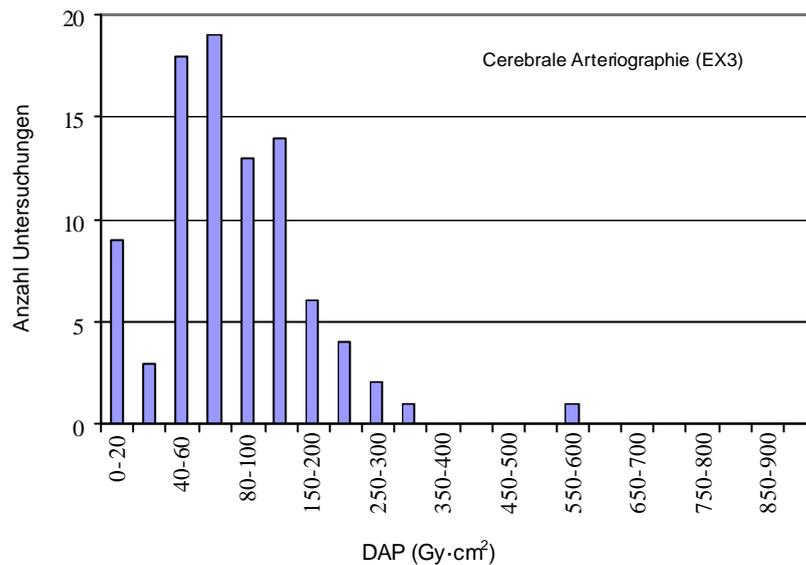


Abbildung 2. Verteilung des Dosis-Flächenproduktes DAP für die cerebrale Arteriographie

Die Resultate für das Dosis-Flächenprodukt DAP für alle acht Untersuchungstypen sind in der Tabelle 5 zusammengefasst. Angegeben sind je der minimale und maximale Wert der Verteilung, der Mittelwert, sowie der Wert des 3. Quartils. Dieser Wert wird mit den Angaben aus der Literatur verglichen.

Tabelle 5. DAP-Werte für die acht ausgewählten Untersuchungen

Untersuchungstyp	EX1	EX2	EX3	EX4	EX5	EX6	EX7	EX8
Anzahl	89	94	91	41	70	56	58	72
Minimum	3	8	3	20	54	5	24	36
Maximum	441	747	996	564	1'703	1'375	1'345	1'122
Mittelwert	67	178	107	114	463	244	335	344
3. Quartil	87	226	124	142	629	312	352	431
3. Quartil /Mittelwert	1.30	1.27	1.16	1.25	1.36	1.28	1.05	1.25
Literatur	25 ^[4]	36 ^[10]	100 ^[11]	60 ^[4]	120 ^[11]	100 ^[11]	-	-

Die Unterschiede zwischen den Diagnostischen Referenzwerten DRW können sehr groß sein, ganz speziell bei komplizierten Untersuchungen in der interventionellen Radiologie. Als Grund kommen diverse Ursachen in Frage, wie Unterschiede in der Definition des Untersuchungstyps oder der Anwendung verschiedener Untersuchungstechniken.

Das Verhältnis des 3. Quartiles zum Mittelwert liegt zwischen 1.05 und 1.36 mit einem durchschnittlichen Wert von 1.24. Das zeigt, dass für diese Untersuchungstypen der Mittelwert mit einem Faktor 1.24 anstelle 1.5 multipliziert werden sollte, falls die DRW aus den Mittelwerten abgeleitet werden.

Die Unterschiede zwischen dem erhaltenen Wert für das 3. Quartil in dieser Arbeit und den entsprechenden Angaben in der Literatur können bis zu einem Faktor 5 betragen. Diese Diskrepanzen müs-

sen in Zusammenarbeit mit den Radiologen weiter studiert werden, um zu sehen, ob solche Unterschiede gerechtfertigt sind.

In Tabelle 6 sind die Diagnostischen Referenzwerte DRW basierend auf dieser Arbeit für die acht ausgewählten Untersuchungsarten aufgelistet.

Tabelle 6. Diagnostische Referenzwerte DRW der acht ausgewählten Untersuchungsarten (in aufsteigender Reihenfolge)

Untersuchungstyp	DAP (Gy·cm ²)
Ösophagus-Magen-Passage (EX1)	100
Cerebrale Arteriographie (EX3)	120
Colonkontrastmitteldarstellung (EX4)	150
Arteriographie der unteren Extremitäten (EX2)	200
Perkutane, transhepatische Gallen-Drainage mit Legen eines Stents (EX6)	300
Cerebrale Embolisation oder Coiling (EX7)	350
Iliaca-Dilatation und Legen eines Stents (EX8)	450
Hepatische Embolisation (EX5)	650

SCHLUSSFOLGERUNGEN

In dieser Studie konnten 571 Untersuchungen aus acht ausgewählten dosisintensiven Anwendungen in der diagnostischen Radiologie detailliert dokumentiert werden. In der Mehrheit sind alle beteiligten Zentren in Bezug auf die erhobenen Dosis-Flächenprodukte vergleichbar, außer einem Zentrum, das um einen Faktor 2 tiefer lag als der Durchschnitt aller Zentren. Weiter zeigte diese Arbeit eine starke Korrelation zwischen der Durchleuchtungsdauer und dem Schwierigkeitsgrad der Untersuchungstechnik. Die in dieser Studie erarbeitete dosimetrische Datenbank erlaubt die Ableitung von Diagnostischen Referenzwerten DRW für die acht analysierten Untersuchungsarten. Die breite Verteilung der erhobenen Dosis-Flächenprodukte DAP hat seine Ursachen in der Komplexität der Untersuchungen, der Erfahrung des medizinischen Personals, und in den Unterschieden in der Definition der Untersuchung und der Wahl der Untersuchungstechnik. Darin zeigt sich auch die Schwierigkeit für die Anwendung und Umsetzung des DRW-Konzeptes. Wenig sinnvoll erscheint die Anwendung des Konzeptes für eine spezifische Untersuchung, doch ist es empfehlenswert nach jeweils zehn Untersuchungen zu überprüfen, ob im Mittel die DRW systematisch überschritten werden oder nicht. Wenn nötig können dann im Anschluss geeignete Maßnahmen zur Korrektur eingeleitet werden. Die DRW, die in dieser Arbeit mit Hilfe der 3. Quartil-Methode bestimmt wurden, sind zum Teil bis zu einem Faktor 5 höher als die in der Literatur angegebenen Werte. Eine mögliche Ursache liegt in der Wahl der beteiligten Zentren, da nur Universitätsspitäler in dieser Studie berücksichtigt wurden, wo die Zahl der „schweren“ Fällen relativ hoch ist und viele Radiologen sich noch in Aus- und Weiterbildung befinden. Leider wurden die Fragen nach der Erfahrung der Radiologen und der Anzahl durchgeführter Untersuchungen in ungenügender Masse beantwortet, so dass diese in dieser Studie nicht geklärt werden konnte. In einer anderen Studie [12] in nur einem Spital in der Schweiz konnte jedoch eine Korrelation zwischen den Anzahl Jahren Erfahrung des Radiologen und des benötigten Dosis-Flächenprodukts für eine komplexe Röntgenuntersuchung gezeigt werden. Dieses Thema sollte vertieft von den betroffenen Radiologen diskutiert werden.

DANKSAGUNG

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

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)