

Originalarbeit

Die Effektivität des Schilddrüsenbleischutzes zur Reduzierung der Röntgenstrahlenbelastung bei unfallchirurgischen Eingriffen am Unterschenkel

L. P. Müller¹, J. Suffner², W. Mohr², J. Degreif¹, P. M. Rommens¹

¹Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie (Direktor: Prof. Dr. P. M. Rommens) und ²Klinik und Poliklinik für Radiologie (Direktor: Prof. Dr. M. Thelen) der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Die Strahlenbelastung der Operateure bei unfallchirurgischen Eingriffen hat in den letzten Jahren durch den Trend zu biologischen Osteosyntheseverfahren, insbesondere der Marknagelung, zugenommen, da geschlossene Reposition und distale Verriegelung radiologisch kontrolliert werden. Wir wollten jetzt überprüfen, welchen Einfluß der Schilddrüsenbleischutz auf die Strahlenbelastung der Operateure bei operativen Eingriffen an den unteren Extremitäten hat. Mit Hilfe eines Unterschenkelphantoms wurden unterschiedliche intraoperative Durchleuchtungssituationen simuliert und die Strahlenbelastung der Schilddrüse mit und ohne Bleischutz des Operateurs über ein Dosismeßgerät (Szintomat) festgestellt. Mittelt man die Ergebnisse aller durchgeführten Messungen, lag die Strahlenbelastung ohne Schilddrüsenbleischutz um den Faktor 70 höher als mit Schilddrüsenbleischutz. In einer vorausgegangenen Studie zur Überprüfung der Strahlenbelastung der Finger bei Marknagelosteosynthesen stellten wir mittlere Durchleuchtungszeiten pro Marknagelung von 4,6 Minuten fest. Extrapoliert man diesen Wert, so würde selbst bei der Durchführung von 1000 Marknagelungen oder ähnlichen Operationen ohne Tragen eines Schilddrüsenbleischutzes nur 13% des gesetzlich zugelassenen Grenzwertes für die Schilddrüse von 300 mSv für strahlenexponierte Personen der Gruppe A pro Jahr erreicht. Trägt der Operateur dagegen bei der gleichen Anzahl von Operationen einen Schilddrüsenbleischutz, so summiert sich die Strahlenbelastung nur auf 0,2% der empfohlenen Jahreshöchstdosis.

Schlüsselwörter: Strahlenbelastung · Schilddrüsenbleischutz · Unfallchirurgie

The Efficiency of Lead Thyroid Shield in Trauma Surgery

The occupational radiation exposure of trauma surgeons has increased over the last few years as a result of biologic orthopaedic procedures like intramedullary nailing as closed reduction and insertion of distal interlocking screws need fluoroscopic control. In order to assess the surface doses of the primary surgeon with and without lead shield of the thyroid we performed in vitro measurements during operative procedures of the lower extremities simulating different intraoperative situations under fluoroscopic control. The average registered ionizing dosage without thyroid shield was 70 times higher compared to the measurements with thyroid protection. In a previous study we found average fluoroscopy times during intramedullary nailing of tibia and femur of 4.6 min per procedure. Extrapolation of this value leads to the result, that even when 1000 intramedullary nailings were carried out without wearing lead protection, 13% of the dose limit recommended by the International Commission on Radiological Protection for the thyroid of 300 mSv per year would not be exceeded, whereas by wearing the lead protection only 0.2% of the recommended dose would be reached.

Key Words: Radiation exposure · Thyroid lead shield · Trauma surgery

Die Schilddrüse ist nach den Keimdrüsen und dem roten Knochenmark ein äußerst strahlensensibles Organ (Tabellen 2 und 3). Schilddrüsenkarzinome machen weniger als 2% aller malignen Tumoren aus [12], die Inzidenz insbesondere der papillären Schilddrüsenkarzinome nimmt aber zu, bedingt durch erweiterte medizinisch diagnostische Strahlenbelastung [7, 12]. Tumorinduzierte Effekte ionisierender Strahlen auf das Schilddrüsengewebe gelten als gesichert und halten nach Strahlenexposition bis zu 40 Jahre an [14], wobei Schilddrüsenkarzinome eine kürzere Latenzzeit nach Strahlenbelastung als andere solide Tumoren aufweisen, und die Dosis-Wirkungs-Kurve linear ist [6].

In einer vorausgegangenen Studie stellten wir für uns überraschend hohe mittlere Durchleuchtungszeiten pro Marknagelung von 4,6 Minuten fest. In diesem Zusammenhang überprüften wir jetzt die Effektivität des meist als lästig empfundenen und deshalb selten getragenen Schilddrüsenbleischutzes bei osteosynthetischen Eingriffen am Unterschenkel. Mit Hilfe eines Unterschenkelphantoms wurden unterschiedliche in-

traoperative Durchleuchtungssituationen simuliert und die Strahlenbelastung der Schilddrüse des Operateurs (mit und ohne Schilddrüsenbleischutz) über einen Szintomaten gemessen.

Material und Methode

Bildwandler: Bei dem angewandten Bildwandler-Fernsehsystem handelt es sich um ein Exposkop CB digital der Firma Ziehm [17]. Im Durchleuchtungsbetrieb werden die Spannungswerte (kV) entweder manuell eingestellt oder automatisch geregelt. Die Stromwerte (mA) werden automatisch geregelt. Mit Hilfe eines integrierten Speichers ist das Festhalten der letzten Durchleuchtungsszene auf dem Monitor möglich.

Phantome: Für die Versuche verwendeten wir mit körperäquivalenter Flüssigkeit gefüllte Phantome aus Plexiglas (siehe Abbildungen 1a und 1b).

Szintomat: Die Dosismessungen wurden mit einem Meßgerät durchgeführt, welches speziell für Detektion von Gamma- und Röntgenstrahlen entwickelt

kv	mA	DL-t	SS+ 105 cm	SS- 105 cm	SS+ 120 cm	SS- 120 cm	SS+ 130 cm	SS- 130 cm
Unterschenkel anterior-posterior								
50	0,9	1	0,03	1,54	0,02	0,7	0,015	0,93
55	1,2	1	0,07	3,16	0,06	1,44	0,05	1,91
60	1,5	1	0,18	5,49	0,14	4,21	0,11	3,30
65	1,8	1	0,32	9,34	0,25	7,15	0,2	5,65
70	2,2	1	0,5	14,66	0,4	11,23	0,3	8,88
75	2,5	1	1,3	20,79	1,0	15,9	0,8	12,6
kv	mA	DL-t	SS+ 130 cm	SS- 130 cm	SS+ 150 cm	SS- 150 cm	SS+ 170 cm	SS- 170 cm
Unterschenkel lateral, Operateur auf Bildverstärkerseite								
50	0,9	1	0	2	0	1,5	0	1,2
55	1,2	1	0,01	3,75	0	2,81	0	2,2
60	1,5	1	0,02	6,9	0,01	5,18	0,001	4,03
65	1,8	1	0,03	12,27	0,02	9,2	0,01	7,2
70	2,2	1	0,04	15,99	0,03	12,0	0,02	9,4
75	2,5	1	0,07	20,73	0,05	15,6	0,04	12,12
kv	mA	DL-t	SS+ 70 cm	SS- 70 cm	SS+ 100 cm	SS- 100 cm	SS+ 130 cm	SS- 130 cm
Unterschenkel lateral, Operateur auf Röntgenröhrenseite								
50	0,9	1	0	3,5	0	1,7	0	1
55	1,2	1	0,01	6,82	0	3,3	0	1,9
60	1,5	1	0,03	11,3	0,01	6,55	0,008	3,3
65	1,8	1	0,04	20,4	0,01	9,9	0,01	5,9
70	2,2	1	0,05	27,1	0,03	13,3	0,01	7,8
75	2,5	1	0,08	33,2	0,05	16,3	0,02	9,6

Tabelle 1. Einzelwerte der experimentell simulierten Strahlenbelastung (µSv) der Schilddrüse mit (SS+) und ohne Schilddrüsenbleischutz (SS-) bei unterschiedlichen Strömen (mA), Spannungsstärken (kV) und in drei verschiedenen Abständen je Ebene des Operateurs vom Operationstisch. Durchleuchtungszeiten jeweils eine Minute. Phantom: Unterschenkel.

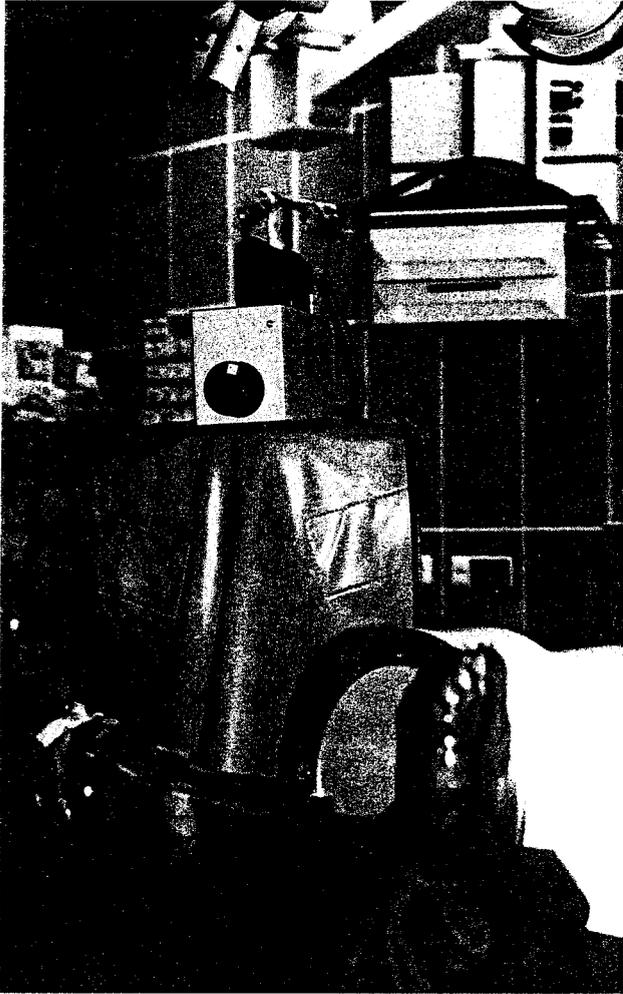
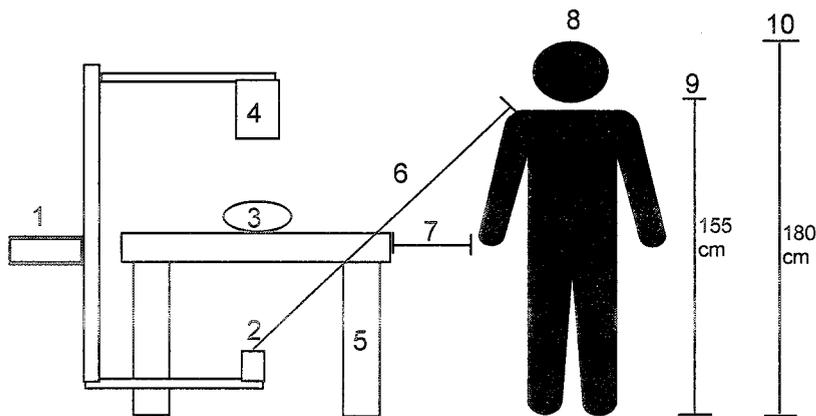


Abbildung 1a



Abbildung 1b

Abbildungen 1a und 1b. Versuchsaufbau mit Unterschenkelphantom: Messung der Strahlenexposition der Schilddrüse, simuliert mit dem Szintomat mit und ohne Schilddrüsenbleischutz bei anterior-posteriorer Durchleuchtungsebene.



- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. C-Bogen | 6. Abstand Röntgenröhre-Schilddrüse (70 bis 170 cm) |
| 2. Röntgenröhre | 7. Abstand Tisch-Operateur (15 bis 95 cm) |
| 3. Phantom (Ober-/Unterschenkel) | 8. Operateur |
| 4. Bildverstärker | 9. Höhe Schilddrüse |
| 5. OP-Tisch | 10. Größe Operateur |

Abbildung 2. Schema des Versuchsaufbaus: Der Szintomat zur Registrierung der Strahlenbelastung der Schilddrüse wurde auf 155 cm Höhe platziert (einem 180 cm großen Operateur entsprechend). Die Strahlung wurde je Ebene in drei unterschiedlichen Entfernungen zwischen Röntgenröhre und Szintomat ermittelt.

wurde (Szintomat Typ 6324a, Firma Automeß). Dosis und Dosisleistung werden gleichzeitig an zwei Skalen angezeigt. Das Gerät umfaßt einen hohen Energiebereich (25 keV bis 1,3 MeV) und weist eine geringe Richtungsabhängigkeit auf. Der Dosisanzeigenbereich beginnt bei 0,01 $\mu\text{Sv/h}$.

Versuchsaufbau: Das Unterschenkelphantom wurde wie bei der Rückenlagerung des Patienten auf dem Operationstisch fixiert. Die Durchleuchtung erfolgte jeweils in der Mitte der Längsachse in anterior-posteriorer und lateraler Ebene für jeweils eine Minute pro Einzelversuch (Abbildungen 1a, 1b und 2), wobei für die lateralen Durchleuchtungsebenen der Szintomat auf der Bildverstärkerseite und bei einem zweiten Durchgang auf der Röntgenröhrenseite positioniert wurde.

Der Fokus-Phantom-Abstand betrug bei allen Versuchen 40 cm entsprechend der intraoperativen Situation bei der Reposition, um ein qualitativ gutes Bild auf dem Bildschirm zu erhalten. Ein ähnliches Vorgehen wurde von Claspas u. Pinks [4] zur In-vitro-Überprüfung der Effektivität von Bleihandschuhen bei der Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen gewählt. Die Spannungswerte wurden von 50 kV auf 75 kV um jeweils 5 kV erhöht, parallel dazu erfolgte die automatische Angleichung der Stromstärke um jeweils 0,3 mA.

Der Szintomat wurde auf einem Gestell, welches wie der Operateur mit einer Bleischürze versehen wurde, auf einer Höhe von 155 cm plaziert, der Höhe der Schilddrüse eines 180 cm großen Operateurs entsprechend (Abbildung 2). Messungen erfolgten in drei verschiedenen Abständen der Ebene der Schilddrüse (Szintomat) vom Röhrenfokus bei stehendem Operateur. Es wurden jeweils zwei Durchgänge mit und ohne Schilddrüsenbleischutz durchgeführt (Abbildungen 1a und 1b).

Ergebnisse

Mit Schilddrüsenbleischutz konnte bei niedrigen Röhrenspannungen von 50 kV bei den lateralen Durchleuchtungsebenen keinerlei Strahlenbelastung festgestellt werden. Ohne Schilddrüsenbleischutz wurde bei allen Versuchen eine Strahlenbelastung registriert.

Die maximale Strahlenbelastung wurde bei der lateralen Durchleuchtung des Unterschenkelphantoms (Operateur auf Röntgenröhrenseite, 70 cm Entfer-

nung von der Strahlenquelle ohne Schilddrüsenbleischutz) mit 33,2 μSv ermittelt, mit Schilddrüsenbleischutz lag die Strahlenbelastung bei identischen Abstandsverhältnissen bei nur 0,08 μSv , also um das 415fache niedriger.

Mittelt man die Ergebnisse aller durchgeführten Messungen, bei denen mit und ohne Schilddrüsenbleischutz eine Strahlenbelastung registriert wurde, so ergibt sich ohne Schilddrüsenbleischutz durchschnittlich eine 70fach höhere Dosisbelastung.

Mit zunehmendem Abstand des Szintomaten von der Röntgenröhre nahmen die Strahlenbelastungen ab. Zum Beispiel lag die festgestellte Dosis bei anterior-posteriorer Durchleuchtung des Unterschenkels (ohne Schilddrüsenbleischutz, 70 kV) bei einer Distanz zwischen Röntgenröhre und Szintomat von 105 cm bei 14,7 μSv und reduzierte sich bei 135 cm Abstand auf 8,9 μSv .

Bei 130 cm Entfernung von der Röntgenröhre zeigte sich bezüglich der drei verschiedenen Positionen des Operateurs, daß die höchsten Strahlenbelastungen bei der lateralen Durchleuchtungsebene mit dem Operateur auf der Bildverstärkerseite auftreten (durchschnittlich 10,3 $\mu\text{Sv/h}$), die niedrigsten bei der anterior-posterioren Durchleuchtung (durchschnittlich 5,5 $\mu\text{Sv/h}$).

Weitere Ergebnisse mit Einzelwerten siehe Tabelle 1.

Diskussion

Das durch ionisierende Strahlen im niedrigen Dosisbereich bedingte Tumorrisiko zeichnet sich durch eine starke Abhängigkeit von der Zeit seit der Exposition aus, wobei Leukämien relativ früh auftreten, während solide Tumoren spät klinisch manifest werden [3, 15]. Die bisherigen Risikoabschätzungen beruhen hauptsächlich auf Erfahrungen der Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki. Schilddrüsenkarzinome waren die ersten soliden Tumoren, die eine erhöhte Inzidenz unter den Überlebenden der japanischen Atombombenattacken zeigten [6], und nach der Tschernobyl-Katastrophe kam es in Weißrußland (Belarus) zu einer 14fachen Erhöhung der jährlichen Erkrankungsrate an Schilddrüsenkarzinomen unter Kindern [6].

Die kanzerogene Wirkung energiereicher Strahlen wurde verhältnismäßig früh erkannt, und zu Beginn

des Jahrhunderts zeigte sich in erschreckender Realität, daß unvorsichtige Expositionen mit Röntgenstrahlen zu Krebs führen. 1911 demonstrierte O. Hesse bereits 54 Fälle von Strahlenkrebs, den er Röntgenkarzinom nannte, wobei 26 Strahlenopfer Ärzte waren, 24 Strahlentechniker und vier Patienten. Jahrzehntlang beherrschte das „genetische Gonadenendenken“ die Beurteilung gesundheitlicher Schäden des Menschen durch Strahlen. Der Strahlenexposition der Gonaden wurde in allen Studien die Hauptaufmerksamkeit geschenkt. Nach den Atombombenabwürfen in Japan 1945 wurde aber klar, daß kleinere Strahlenmengen nicht nur genetische Schäden in Keimzellen auslösen, sondern auch somatische Schäden und Krebs induzieren können. Immer mehr wurden Fragen der somatischen Gefährdung diskutiert und das genetische Denken in strahlenbiologischen Kreisen weitgehend vom somatischen abgelöst [10]. Nicht allein von Bedeutung sind die genetischen Schäden, die in den Keimzellen induziert werden, und nicht nur Leukämie kann durch eine Strahlenexposition des roten Knochenmarks mit relativ kleinen Dosen induziert werden, sondern auch andere Organe können nach relativ kleinen Strahlenbelastungen maligne entarten [10]. In diesem Zusammenhang ermittelte der Beir-Report III [2] eine geschätzte zusätzliche Inzidenz pro Million Personen und Jahr pro 10 mSv, bezogen auf die Schilddrüse, von 2,2 bei Männern und 5,8 bei Frauen. Tabelle 3 zeigt in diesem Zusammenhang die Grenzwerte und Tabelle 4 die Wichtungsfaktoren der Schilddrüse im Vergleich zu anderen Geweben.

Hallquist et al. [7] fanden bei ihrer Überprüfung von 180 Frauen und Männern mit Thyroidkarzinomen hinsichtlich diagnostischer und therapeutischer Strahlenexpositionen einen Zusammenhang zwischen Strahlenbelastung und Schilddrüsenkarzinom bei den untersuchten weiblichen Patienten (insbesondere beim papillären Schilddrüsenkarzinom). Erwartungsgemäß fanden wir in der Literatur keine Daten, ob das Risiko unfallchirurgischen Personals, an einem malignen Tumor zu erkranken, durch Anwendung diagnostisch-radiologischer Maßnahmen gegenüber der Normalbevölkerung erhöht ist, nicht zuletzt sicherlich aufgrund der Tatsache, daß die tumorinduzierenden Effekte ionisierender Strahlung nach Exposition bis zu 40 Jahre anhalten [14].

Folgende Daten bezüglich Strahlenbelastungen der Schilddrüse bei unfallchirurgischen Eingriffen liegen vor:

	Gruppe A	Gruppe B
1. Effektive Dosis, Teilkörperdosis: Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark	50	15
2. Teilkörperdosis: Alle Organe und Gewebe soweit nicht unter 1, 3, 4 genannt	150	45
3. Teilkörperdosis: Schilddrüse, Knochenoberfläche, Haut, soweit nicht unter 4 genannt	300	90
4. Teilkörperdosis: Hände, Unterarme, Füße, Unter- schenkel, Knöchel, einschließlich der dazugehörigen Haut	500	150

Tabelle 2. Grenzwerte der Körperdosen im Kalenderjahr für beruflich strahlenexponierte Personen der Gruppe A und Personen der Gruppe B in mSv.

Sanders et al. [13] fanden bei 65 unfallchirurgischen Eingriffen (21 Marknagelungen, 40 Plattenosteosynthesen und vier Fixateur externe) keine Strahlenbelastung des ersten Operateurs im Halsbereich (ohne Schilddrüsenbleischutz).

Miller et al. [9] stellten bei sechs Marknagelungen und einer Plattenosteosynthese Strahlenbelastungen der Schilddrüse von durchschnittlich 0,29 mSv bei mittleren Durchleuchtungszeiten von 5,5 Minuten pro Operation fest. Levin et al. [8] ermittelten bei 30 Marknagelungen (25 Femur- und fünf Tibiamarknagelungen) mittlere Strahlenbelastungen der Halsregion von 0,07 mSv bei mittleren Durchleuchtungszeiten pro Operation von 8,01 Minuten. Ewen u. Wahl [5] fanden bei 13 unterschiedlichen unfallchirurgischen Eingriffen an oberer und unterer Extremität Strahlenbelastungen bis maximal 1,10 mSv bei der operativen Versorgung einer Kombinationsverletzung (Patellafraktur und Femurkondylenfraktur beidseits) mit einer Durchleuchtungszeit von 16 Minuten. Barry [1] ermittelte eine additive Strahlenbelastung über ein Jahr im Halsbereich von 2,27 mSv bei 79 Operationen mit Benutzung

Organe und Gewebe	Wichtungsfaktoren
Keimdrüsen	0,25
Brust	0,15
Lunge	0,12
Rotes Knochenmark	0,12
Schilddrüse	0,03
Knochenoberfläche	0,03
Andere Organe und Gewebe	0,06

Tabelle 3. Wichtungsfaktoren für die einzelnen Gewebe. Die Faktoren sind proportional zur Strahlenempfindlichkeit des jeweiligen Gewebes.

des Röntgenbildwandlers. Sugarman et al. [16] stellen durchschnittliche Dosen des Halses von 0,44 mSv bei zehn AO-Marknagelungen fest. Die von uns experimentell ermittelten Werte am Phantom liegen im mittleren Spektrum dieser Ergebnisse.

Schneider et al. [15] fanden bei Koronarangiographien mit der Technik nach Jones eine Teilkörperdosis der Schilddrüse pro Stunde Durchleuchtungszeit von 1,8 mSv, wobei sie zusätzlich die Jahresdosen der Untersucher mit und ohne Schilddrüsenbleischutz überprüften und bei dem Untersucher ohne Schutz eine 30fach höhere Belastung ermittelten.

Mittelt man die Ergebnisse aller von uns durchgeführten Messungen, bei denen mit und ohne Schilddrüsenbleischutz eine Strahlenbelastung registriert wurde, so ergibt sich ohne Schilddrüsenbleischutz durchschnittlich eine 70fach höhere Strahlenbelastung.

In einer vorausgegangenen Studie zur Überprüfung der Strahlenbelastung der Finger bei Marknagelosteosynthesen stellten wir mittlere Durchleuchtungszeiten pro Marknagelung von 4,6 Minuten fest. Extrapoliert man diesen Wert, so würde selbst bei der Durchführung von 1000 Marknagelungen oder ähnlichen Operationen ohne Tragen eines Schilddrüsenbleischutzes nur 13% des gesetzlich zugelassenen Grenzwertes für die Schilddrüse von 300 mSv für strahlenexponierte Personen der Gruppe A pro Jahr erreicht. Trägt der Operateur dagegen bei der gleichen Anzahl von Operationen einen Schilddrüsenbleischutz, so summiert sich die Strahlenbelastung nur auf 0,2% der empfohlenen Jahreshöchstdosis.

Selbst bezogen auf die höchste gemessene Dosis ohne Schilddrüsenbleischutz von 33,2 µSv (Unterschenkel lateral, Operateur auf Röntgenröhrenseite) würde der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert erst bei 1965 Marknagelosteosynthesen überschritten werden. Trotz dieser sehr niedrigen Strahlenbelastungen auch ohne Schilddrüsenbleischutz sollte bedacht werden, daß die gesetzlichen Grenzwerte nach deterministischen Gesetzen berechnet wurden. Es bleiben als Restrisiko immer die sogenannten stochastischen, also zufallsbedingten Strahlenschäden, die schon nach geringsten Dosen auftreten können.

Kein Meßaufbau und kein Dosimeter kann die reale Strahlenbelastung im unfallchirurgischen Bereich ganz genau erfassen, und die von uns ermittelten Werte sind in vitro gemessene experimentelle Ergebnisse, die unserer Meinung nach einen guten Eindruck über die Operationssituation in vivo vermitteln.

Literatur

1. Barry TP. Radiation exposure to an orthopaedic surgeon. Clin Orthop 1984;182:160-4.
2. Beir III Report Committee on the biological effects of ionizing radiation: The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation. National Academy of Sciences, New York. Washington: National Academy Press, 1980.
3. Blettner M, Grosche B. Tumorriskiko bei fliegendem Personal. Dtsch Ärztebl 1997;94:94-9.
4. Clasper JC, Pinks T. Technical note: an assessment of X-ray protective gloves. Br J Radiol 1995;68:917-9.
5. Ewen K, Wahl HG. Die Strahlenbelastung des Unfallchirurgen beim Arbeiten mit dem chirurgischen Bildverstärker. Röntgenpraxis 1976;29:163-5.
6. Hall P. Radiation-induced thyroid cancer. Med Oncol Tumor Pharmacother 1992;9:183-9.
7. Hallquist A, Hardell L, Degermann A, Wingren G, Boquist L. Medical diagnostic and therapeutic ionizing radiation and the risk for thyroid cancer: a case-control study. Eur J Cancer Prev 1994;3:259-67.
8. Levin PE, Schoen RW, Browner BD. Radiation exposure to the surgeon during closed interlocking intramedullary nailing. J Bone Joint Surg [Am] 1987;69:761-5.
9. Miller ME, Davis ML, MacClean CR, Davis JG, Smith BL, Humphries JR. Radiation exposure an associated risk to operating-room personnel during use of fluoroscopic guidance for selected orthopaedic surgical procedures. J Bone Joint Surg [Am] 1983;65:1-4.
10. Muller HJ. The production of mutations by X-rays. Proc Natl Acad Sci USA 1928;14:714-26.
11. Niggli HF. Neue Aspekte in der Beurteilung von Strahlenrisiken: vom Organrisiko zum gesamten Schadenrisiko (effektive Äquivalentdosis). Schweiz Med Wochenschr 1985;115:18-24.
12. Pelizzo MR, Toiato A, Piotta A, Bernante P. Epidemiologia e fattori di rischio del carcinoma della tiroide. Chir Ital 1994; 46:1-3.
13. Sanders R, Koval KJ, DiPasquale T, Schmelling G, Stenzler S, Ross E. Exposure of the orthopaedic surgeon to radiation. J Bone Joint Surg [Am] 1993;75:326-30.
14. Schneider AB, Ron E, Lubin J, Stovall M, Gierlowski TC. Dose-response relationships for radiation-induced thyroid cancer and thyroid nodules: evidence for the prolonged effects of radiation on the thyroid. J Clin Endocrinol Metab 1993;77: 362-9.
15. Schneider A, Wittke K, Roß P. Streustrahlenbelastung bei Herzkatheteruntersuchungen. Medizintechnik 1993;113:206-14.
16. Sugarman ID, Adam I, Bunker TD. Radiation dosage during AO locking femoral nailing. Injury 1988;19:336-8.
17. Ziehm. Bedienungsanleitung EXPOSCOP CB-7 digital; Model CB 745, 1993.

Für die Verfasser: Dr. Lars Peter Müller, Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie, Langenbeckstraße 1, D-55131 Mainz.