



DGN-Handlungsempfehlung (S1-Leitlinie)

Schilddrüsenszintigraphie (Version 4)

Stand: 10/2014 – AWMF-Registernummer: 031-011

Autoren

M. Dietlein^{1,3}, W. Eschner^{1,2,3}, M. Lassmann^{1,2,4}, F. A. Verburg^{1,5}, M. Luster^{1,6}

¹für die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN); ²für die Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP); ³Universitätsklinikum Köln, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin; ⁴Universität Würzburg, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin; ⁵RWTH Aachen, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin; ⁶Philipps-Universität Marburg, Klinik für Nuklearmedizin

Weitere Beteiligte

Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP)

Herausgeber

Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin
Nikolaistraße 29
37073 Göttingen

Tel.: +49 (0)551 48857-401

Fax: +49 (0)551 48857-401

E-Mail: office@nuklearmedizin.de

Schlüsselwörter

Schilddrüsenszintigraphie, Verfahrensanweisung, Struma, Schilddrüsenknoten, Schilddrüsenüberfunktion

Zusammenfassung

Die Version 4 der Verfahrensanweisung zur Schilddrüsenszintigraphie ist ein Update der Version 3, die im Jahr 2007 durch die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN) und die Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP) publiziert worden war. Mit primärer Zielsetzung beschreibt diese Verfahrensanweisung die fachgerechte Durchführung der Schilddrüsenszintigraphie. Nach der „Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin“ ist die „rechtfertigende Indikation“ zur Schilddrüsenszintigraphie durch einen fachkundigen Arzt („Fachkunde in der Diagnostik mit offenen radioaktiven Stoffen“) zu stellen. Daher werden Indikationen zur Schilddrüsenszintigraphie in der Verfahrensanweisung aufgelistet. Die Verfahrensanweisung wurde von einer repräsentativen Expertengruppe im informellen Konsens verabschiedet und entspricht damit einer Verfahrensanweisung der ersten Stufe (S1) nach den Kriterien der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF).

English title

Procedure Guideline for Thyroid Scintigraphy

Keywords

Thyroid Scintigraphy, Procedure Guideline, Goiter, Thyroid Nodule, Hyperthyroidism

Summary

The version 4 of the procedure guideline for thyroid scintigraphy is an update of the version 3, which was published by the German Society of Nuclear Medicine (Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin, DGN) and the German Society of Medical Physics (Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik, DGMP) in 2007. This procedure guideline gives advice on how thyroid scintigraphy should be performed best. According to the German “Directive on Radiation Protection in Medicine” the physician specialised in nuclear medicine („Fachkunde in der Diagnostik mit offenen radioaktiven Stoffen“) is responsible for the correct medical use of scintigraphy. Therefore relevant medical indications for thyroid scintigraphy are listed within the procedure guideline. This procedure guideline is developed in the consensus of a representative expert group. The development of this procedure guideline thus corresponds to level S1 (first step) within the German classification of Clinical Practice Guidelines.

I. Zielsetzung

Beurteilung der Funktionstopographie der Schilddrüse. Der regelhaft zu bestimmende Tc-99m-Uptake (TcU) oder der Radioiod-Uptake (RIU) zeigen eine gute Korrelation zur Iodid-Clearance, so dass man den TcU und RIU auch als Clearanceäquivalente bezeichnet (Mahlstedt et al. 1989).

II. Hintergrundinformation und Definition

Eine hohe Iodid-Clearance bedeutet, dass die Schilddrüse pro Minute eine große Menge Plasma von Iodid befreit. Dafür kann Iodmangel die Ursache sein oder eine pathologisch erhöhte Hormonproduktion (Dietlein 2013 a,b). Eine niedrige Iodid-Clearance deutet umgekehrt auf eine ausreichende Iodversorgung oder mangelnden TSH-Stimulus. Eine scheinbar fehlende oder sehr niedrige Iodid-Clearance findet man bei Iodexzess. Die Schilddrüse erscheint im Szintigramm nahezu ohne Aktivitätsaufnahme („blockiert“). Sehr selten beruht ein fehlender Uptake auf Defekten im TSH-Rezeptor oder im Natrium-Iodid-Symporter (NIS) bei kongenitaler Hypothyreose trotz vorhandener Schilddrüse.

Tc-99m-Uptake: Tc-99m-Per technetat wird nur im ersten Anreicherungsschritt passager angereichert und verlässt wegen Unmöglichkeit der Organifizierung das Organ relativ rasch wieder, so dass sich ab der 15. Minute p. i. ein Gleichgewicht einstellt. Der TcU als relative Aktivitätsaufnahme in die Schilddrüse wird ausschließlich mit Gammakamera und Rechnersystem bestimmt und ist als Clearanceäquivalent mit der Iodid-Clearance für klinische Zwecke ausreichend eng korreliert.

Der **Radioiod-Uptake** als relative Nettoaktivitätsaufnahme in die Schilddrüse steht in einer festen, jedoch nicht linearen Korrelation zur Iodid-Clearance.

III. Indikationen

Indikationen für die Schilddrüsenszintigraphie mit Tc-99m-Per technetat oder Iod-123-Natriumiodid (SSK 2012) sind:

- Tastbare und/oder sonographisch abgrenzbare Herdbefunde (Knoten ≥ 1 cm)
- Verdacht auf fokale oder diffuse Autonomie bei manifester oder latenter Hyperthyreose
- Diagnostisch unklare Fälle in der Abklärung eines M. Basedow gegen eine chronisch lymphozytäre Thyreoiditis oder ein Marine-Lenhart-Syndrom
- Zur Dokumentation des Therapieerfolges nach definitiver Therapie (postoperativ, Radiotherapie einer Autonomie)
- Ggf. im Verlauf unbehandelter fokaler Autonomien

Weitere dezidierte Indikationen für eine Schilddrüsenszintigraphie mit I-123 sind:

- Ektop gelegenes Schilddrüsengewebe wie retrosternale Struma oder Zungengrundstruma
- Konnatale Hypothyreose
- Organifizierungsdefekte (Perchlorat-Test)

Die rechtfertigende Indikation ist von einem fachkundigen Arzt zu bestätigen (StrlSchV 2010, StrlSch RL 2011).

IV. Durchführung der Untersuchung

A. Patientenvorbereitung

1. Eine Schilddrüsenhormon-Medikation oder eine thyreostatische Medikation beeinflussen den Uptake. Die Einnahme einer Schilddrüsenhormon-Medikation ist Voraussetzung für eine Suppressionsszintigraphie. Ist eine Schilddrüsenszintigraphie ohne Schilddrüsenhormon-Medikation indiziert, sind Trijodthyronin(T3)-Präparate zehn Tage vor der Untersuchung, Levothyroxin(T4)-Präparate vier Wochen vor der Untersuchung abzusetzen.
2. Keine stark iodhaltigen Medikamente (z. B. iodhaltige Röntgenkontrastmittel, iodhaltige Desinfektionsmittel, iodhaltige Augentropfen) vier Wochen vor der Untersuchung. Das Aufschieben der Szintigraphie kann bei klinischer Dringlichkeit

verkürzt werden. Wesentlich längere Zeitintervalle bis zur Durchführung einer Schilddrüsenszintigraphie sind nach Applikation von lipophilen Röntgenkontrastmitteln (Lymphographie) und nach Amiodaron zu beachten.

Unter einer physiologischen Iodid-Medikation (bis 150 µg Iodid täglich) ist die Szintigraphie möglich. Eine stark iodreiche Ernährung (z. B. Seetang) kann allerdings stören und zu einer Erniedrigung des Tc-99m-Uptakes führen.

B. Notwendige Informationen

1. Schilddrüsenwirksame Medikamente (z. B. Schilddrüsenhormon-Medikation, thyreostatische Medikation, iodhaltige Medikamente)
2. Exposition mit iodhaltigen Röntgenkontrastmitteln
3. extrem iodreiche Ernährung
4. Schilddrüsenfunktionsparameter, insbesondere basaler TSH-Wert
5. sonographische Befunde einschließlich Bilddokumentation
6. Befunde und Bilddokumentation früherer Schilddrüsenszintigramme
7. kürzlich applizierte Radiopharmaka
8. Schwangerschaft, Laktation

C. Vorsichtsmaßnahmen

Ausschluss Schwangerschaft und Stillen. Sofern eine Szintigraphie während der Stillperiode indiziert ist, wird eine Unterbrechung des Stillens für 24 Stunden (Tc-99m) empfohlen.

D. Radiopharmaka

1. Tc-99m-Per technetat (Referenzaktivität 70 MBq) i. v., Kalibrierung mit einem Aktivimeter. In Ausnahmefällen (immobiler, schwerkranker Patient oder Patient mit großer Strumen) sind höhere Aktivitäten gerechtfertigt. Wird die Referenzaktivität von 70 MBq Tc-99m Per technetat überschritten, ist die Begründung hierfür schriftlich zu dokumentieren (BfS 2003, StrlSch RL 2011).
2. Iod-123-Natriumiodid (Referenzaktivität 10 MBq) i. v.

Zu „Eigenschaften von Tc-99m-Per technetat und Iod-123-Natriumiodid“ sowie zur „Strahlenexposition bei Erwachsenen bzw. bei Kindern (5 Jahre)“ siehe Tabelle 1 bzw. 2.

Hinweis: Die unter D.2. genannte Referenzaktivität stammt aus der Veröffentlichung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) im Bundesanzeiger von 2003. In der letzten Veröffentlichung im Bundesanzeiger vom 19. Oktober 2012 findet sich keine Referenzaktivität für Iod-123.

Bei Applikation an Kinder und Jugendliche sind für Tc-99m die derzeit gültigen diagnostischen Referenzwerte sowie die gewichtsabhängigen Dosierungsvorschriften und Minimalaktivität für Tc-99m zu beachten (Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen, BAnz AT 19.10.2012 B5). Für I-123-Natriumiodid sind Vorschläge zur Aktivitätsbemessung in der 2008 veröffentlichten „EANM Paediatric Dosage Card“ zu finden (Lassmann et al. 2008).

Tabelle 1

Eigenschaften von Tc-99m-Perthchnetat und Iod-123-Natriumiodid

Radiopharmakon	Vorteile	Nachteile
^{99m} Tc-Perthchnetat	<ul style="list-style-type: none"> • preisgünstig • rasch verfügbar • kurze Untersuchungszeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Trapping, aber keine Organifikation • Überlagerung durch Aktivität im Ösophagus oder in den Gefäßen • reduzierte Bildqualität im Falle eines niedrigen Uptake
¹²³ I-Natriumiodid	<ul style="list-style-type: none"> • bessere Erkennbarkeit von retrosternalem Schilddrüsengewebe 	<ul style="list-style-type: none"> • höhere Kosten • weniger rasch verfügbar • grundsätzlich längere Aufnahmezeit

Tabelle 2

Strahlenexposition bei Erwachsenen bzw. bei Kindern (5 Jahre)

Radiopharmakon		Applizierte Aktivität (MBq)	Kritisches Organ (mGy/MBq)	Effektive Dosis (mSv/MBq)
^{99m} Tc-Perthchnetat	Erwachsene	20 – 70 i. v.	Dickdarm (0,042)	0,01
	Kinder (5 Jahre)	1 – 5 i. v.	Dickdarm (0,14)	0,04
¹²³ I-Natriumiodid	Erwachsene	5 – 10 i. v.	Schilddrüse (4,5)	0,2
	Kinder (5 Jahre)	3 i. v.	Schilddrüse (23)	1,1

ICRP 53 (ICRP 1988) und 80 (ICRP 1998), unter der Annahme von 35 % Uptake

E. Datenakquisition

1. Geräte

a. Gammakamera

Feldgröße von Gammakamera und verwendete Rechner-Matrix müssen aufeinander abgestimmt werden, so dass eine Pixelgröße von < 3 mm gewährleistet ist. Schilddrüsen-Spezialkollimator oder Kollimator mit hoher Auflösung für niedrige Energien.

b. Rechnersystem

Grundvoraussetzung ist die Möglichkeit der digitalen Speicherung von Szintigrammen mit Auswertung durch ROI-Technik zur Ermittlung von ROI-Größen und darin enthaltenen Impulssummen.

c. Software zur Organisation der Relativmessung mit Teilfunktionen

- Erfassung der Testaktivität durch direkte Spritzenmessung auf der Gammakamera oder Eingabe der mit dem Aktivimeter gemessenen Aktivität (MBq) nach Ermittlung eines Kalibrierungsfaktors
- Restaktivität in der Injektionsspritze
- Restaktivität von anderen Untersuchungen mit Radioaktivität
- paravenös injizierte Aktivität
- Korrektur des physikalischen Zerfalls
- Kalkulation des Uptake

2. Positionierung

Bei sitzender Positionierung mit Reklination des Halses ist eine Fixierung des Patienten wesentlich. Eine liegende Positionierung mit überstrecktem Hals ist gleichfalls möglich, bei immobilen Patienten und bei Kindern zu bevorzugen. Ein Schluckverbot während der Aufnahme ist obsolet.

3. Zeitpunkt der Szintigraphie

- Tc-99m-Pertechnetat: Aufnahmen 5 bis 25 Minuten nach Injektion. Innerhalb dieses Zeitraums geringe Variabilität des TcU.
- Iod-123-Natriumiodid: Aufnahme nach zwei bis vier Stunden, spätere Aufnahmen möglich.

4. Akquisition

- Tc-99m-Pertechnetat: Die Szintigramme sollten im Normalfall mindestens 100.000 Impulse über der Schilddrüse enthalten. Bei Verwendung von Schilddrüsen-Spezialkollimatoren bedeutet dies in der Regel eine Aufnahmezeit von 5 bis 10 Minuten.
- Iod-123-Natriumiodid: Die Szintigramme sollten im Normalfall mindestens 100.000 Impulse über der Schilddrüse enthalten. Bei Verdacht auf eine Zungengrundstruma oder eine intrathorakale Struma ist zusätzlich eine SPECT, wenn möglich eine SPECT/CT, diagnostisch sinnvoll.

F. Interventionen

1. Suppressionsszintigraphie

a. Indikation

Klinischer Verdacht auf fokale oder diffuse Autonomie bei peripherer Euthyreose und nicht supprimiertem basalem TSH.

b. Durchführung der Suppression

Eine effektive Suppression des basalen TSH ist mit den folgenden Schemata möglich, wobei ggf. bei bereits niedrig normalem TSH die Dosis zu reduzieren ist:

- 60-100 µg Liothyronin (ca. 1 µg/kg Körpergewicht) täglich über acht bis zehn Tage.
- 150-200 µg Levothyroxin (ca. 2 µg/kg Körpergewicht) täglich über 14 Tage.
- 2 µg Levothyroxin pro kg Körpergewicht täglich über vier bis sechs Wochen.
- Zum Zeitpunkt der Szintigraphie Dokumentation der Suppression durch Bestimmung des basalen TSH.
- Die Gabe von Schilddrüsenhormonen bei bereits endogen supprimiertem TSH ($\leq 0,1$ mU/l) ist obsolet.

c. Beurteilung:

Die Interpretation des TcU unter Suppressionsbedingungen, ob eine funktionell relevante Autonomie vorliegt, wird durch regionale und individuelle Unterschiede in der Iodversorgung relativiert. Für die Definition von Referenzwerten für den TcU fehlen aktuelle Daten. Sofern keine Immunhyperthyreose vorliegt, kann ein TcU $> 2,0$ % für eine funktionell relevante Autonomie sprechen. Allerdings wird ein TcU $> 2,0$ % auch bei gesunden, euthyreoten Personen beobachtet, so dass ein relativ hoher TcU lediglich ein Hinweis auf eine Autonomie sein kann und in Zusammenschau mit Anamnese, Vorbefunden und Begleitbefunden zu interpretieren ist. Umgekehrt ist bei einem niedrigeren

TcU eine relevante Autonomie möglich, wenn – ohne die Beeinflussung durch eine Schilddrüsen-spezifische Medikation – wiederholt erniedrigte oder supprimierte TSH-Spiegel nachgewiesen werden.

Mittels der Suppressionsszintigraphie kann ferner die Funktionalität von sonographisch nachgewiesenen Knoten (≥ 1 cm) charakterisiert werden, die sich in der Basisszintigraphie indifferent dargestellt haben. Mit der verbesserten Iodversorgung steigt der Anteil von fokalen Autonomien, die mit einem normwertigen TSH-Spiegel einhergehen.

G. Datenauswertung

1. Visuell unter Berücksichtigung der Grauwertbereiche oder der Farbskala
2. quantitativ mittels ROI-Technik: Die Schilddrüsen-ROI hat die Schilddrüse derart kleinstmöglich einzugrenzen, dass mit Sicherheit keine Organaktivität ausgeschlossen wird. Das wird in der Regel am günstigsten durch eine irreguläre ROI erreicht. Fokale Mehranreicherungen sind ggf. mit einer separaten ROI zu quantifizieren. Die Korrektur auf Nettoaktivität erfolgt flächenbezogen durch eine Background-ROI.

Die Background-ROI kann als Querbalken zwischen den kaudalen Polen der Schilddrüse und der oberen Grenze der Aktivität der großen thorakalen Bluträume liegen, die Einstellung erfolgt bei geeigneter Übersteuerung der Bildeinstellung am Monitor. Die kaudale Background-ROI überschätzt den Background-Anteil geringfügig.

Eine kraniale Background-ROI, über dem Kehlkopf und zwischen den beiden kranialen Schilddrüsenpolen gelegen, muss die Speicheldrüsen berücksichtigen oder Formenanomalien wie Lobus pyramidalis oder Ductus thyreoglossus-Reste. Die hier eher zu niedrigen Background-Werte kompensieren die intrathyreoidale Strahlenabsorption zumindest teilweise. Bei retrosternalen Strumen kann eine Background-ROI lateral unterhalb der Clavicula links sinnvoll sein.

H. Befundung und Dokumentation

1. Für die Interpretation der Schilddrüsenszintigraphie ist die Kenntnis der Anamnese, des Tastbefundes, der Laborparameter und der Sonographie erforderlich. Zu beschreiben sind das Verteilungsmuster und die Intensität der Speicherung sowie die Lokalisation und Größe von Arealen mit erhöhter oder verminderter Speicherung. Szintigraphische und sonographische Befunde sind hinsichtlich Größe, Begrenzung und Lokalisation, ggf. der Lage von Schilddrüsenknoten sowie ggf. der Lage einer zervikalen Raumforderung zu korrelieren. Der TcU ist in Kenntnis des basalen TSH-Spiegels zu bewerten.
2. Inhalte der Bilddokumentation (auf Röntgenfilm oder als Papierausdruck):
 - Patientendaten zur Identifikation
 - Bezeichnung des verabreichten Radiopharmakons
 - verabreichte Aktivität in MBq
 - Aufnahmezeitpunkt relativ zur Applikation
 - Messdauer in Minuten
 - TcU / RIU in Prozent der applizierten Aktivität
 - Schilddrüsenbild im Maßstab 1 : 1 mit Angabe des Maßstabes (cm)
 - Farbskala (monochromatisch, polychromatisch) oder Grauwertskala über den gesamten Zählratenbereich
 - ROI-Bild mit Darstellung der verwendeten ROI (Schilddrüse und Untergrund), siehe Empfehlung der Arbeitsgemeinschaft Standardisierung der DGN (Geworski 2003)

I. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung ist in der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin von 2011 (StrlSch RL 2011) vorgeschrieben.

Die Konstanzprüfung muss alle für die Verwendung der Gammakamera relevanten Systemparameter (Inhomogenität, örtliche Auflösung und Linearität, Einstellung des Energiefensters, Untergrundzählrate, etc.) umfassen. Der Anwender muss sich vor Beginn der Untersuchungen von der ordnungsgemäßen Funktion der Geräte überzeugen. Homogenität und Ausbeute sind nach technischen Normen (DIN 6855-2) zu überprüfen. Darüber hinaus ist eine Konstanzprüfung auf jeden Fall immer dann vorzunehmen, wenn der Verdacht auf eine Fehlfunktion der Gammakamera besteht; weiterhin sind diejenigen Abbildungsbedingungen nach Neueinstellungen und Kalibrierungen zu prüfen, die Einfluss auf die Abbildungseigenschaften haben können (z. B. Anwendbarkeit von Homogenitätskorrekturmatrizen).

J. Fehlerquellen

1. Kontamination (z. B. Kleidung, Haut, Haare, Kollimator, Kristall)
2. Aktivität im Ösophagus
3. Patientenbewegung

V. Offene Fragen

Wert der Tc-99m-MIBI-Schilddrüsenszintigraphie zur Dignitätsbeurteilung kalter (hypofunktionaler) Schilddrüsenknoten in der Tc-99m-Schilddrüsenszintigraphie mit nicht repräsentativem oder unklarem zytologischem Befund.

VI. Vorbehaltserklärung

Die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin gibt Leitlinien heraus, um die Anwendung von Untersuchungsverfahren und Behandlungsmethoden in der Nuklearmedizin zu fördern. Diese Art von Empfehlungen gilt nicht für alle Gegebenheiten in der Praxis. Die Leitlinien sollen nicht den Anspruch erheben, dass sie alle in Frage kommenden Verfahren enthielten oder dass sie Methoden, die zum gleichen Ergebnis führen, ausschließen würden. Ob ein Untersuchungsverfahren angemessen ist, hängt zum Teil von der Prävalenz der Erkrankung in der Patientenpopulation ab. Außerdem können sich die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten in verschiedenen medizinischen Einrichtungen unterscheiden. Aus diesen Gründen dürfen Leitlinien nicht starr angewendet werden.

Fortschritte in der Medizin vollziehen sich schnell. Deshalb muss bei der Benutzung einer Leitlinie auf ihr Entstehungsdatum geachtet werden.

VII. Literaturverzeichnis

1. Bundesamt für Strahlenschutz. Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungen. Bundesanzeiger Nr. 143 vom 5. August 2003, S. 17503.
2. Bundesamt für Strahlenschutz. Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen vom 25. September 2012. Bundesanzeiger BAnz AT 19.10.2012 B5.
3. Dietlein M, Grünwald F, Reiners C, Schicha H, Schneider P, Schober O, Verburg FA, Luster M. Leitlinie zur Radioiodtherapie (RIT) bei benignen Schilddrüsenerkrankungen (Version 5).
4. Dietlein M, Eschner W, Lassmann M, Hänscheid H, Verburg FA, Luster M. Verfahrensweisung zum Radioiodtest (Version 4). Nuklearmedizin 2013; in press.
5. DIN 6855-2 Qualitätsprüfung nuklearmedizinischer Messsysteme – Teil 2: Konstanzprüfung von Einkristall-Gamma-Kameras zur planaren Szintigraphie und zur Einzel-Photonen-Emissions-Tomographie mit Hilfe rotierender Messköpfe (Juli 2011).
6. Geworski L, Lottes G, Reiners C, Schober O (Hrsg.). Empfehlungen zur Qualitätskontrolle in der Nuklearmedizin – Klinik und Messtechnik. Schattauer, Stuttgart 2003.
7. Gotthardt M, Stübinger M, Pansegrau J et al. Decrease of ^{99m}Tc -uptake in autonomous thyroid tissue in Germany since the 1970s. Nuklearmedizin 2006; 45:122-125.
8. International Commission on Radiological Protection. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. In: Annals of the ICRP, Vol. 18, Publication 53. Smith H (ed.). Oxford: Pergamon Press 1988.
9. International Commission on Radiological Protection. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP 53. In: Annals of the ICRP, Vol. 28, Publication 80. Valentin J (ed.). Oxford: Pergamon Press 1998.
10. Lassmann M, Biassoni L, Monsieurs M, Franzius C, Jacobs F. The new EANM paediatric dosage card. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2008; 35:1748.
11. Mahlstedt J, Bähre M, Börner W, Joseph K, Montz R, Reiners C, Schicha H: Indikationen zur Schilddrüsenszintigraphie. Nuklearmediziner 1989; 12: 223-228.
12. Strahlenschutz in der Medizin – Richtlinie zur Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV). Gemeinsames Ministerialblatt 2011, S. 867.
13. Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.). Orientierungshilfe für bildgebende Untersuchungen. 2., überarbeitete Auflage. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Schnelle Verlag, Berlin 2012.
14. Strahlenschutzverordnung. Textausgabe mit einer erläuternden Einführung von Hans-Michael Veith. 8. Aufl. Köln: Bundesanzeiger-Verlag 2010.