

# ICRP

*Publication 113*

## 放射線診断および IVR における 放射線防護教育と訓練

公益社団法人  
日本アイソトープ協会

# 放射線診断および IVR における 放射線防護教育と訓練

2010 年 10 月 主委員会により承認

公益社団法人  
日本アイソトープ協会

**I C R P**

*Publication 113*

Education and Training in Radiological Protection  
for Diagnostic and Interventional Procedures

Editor

C.H. CLEMENT

Authors on behalf of ICRP

E. Vañó, M. Rosenstein, J. Liniecki, M. Rehani,  
C.J. Martin, R.J. Vetter

---

Copyright © 2014 The Japan Radioisotope Association. All Rights reserved.  
Authorised translation by kind permission from the International Commission  
on Radiological Protection. Translated from the English language edition  
published by Elsevier Ltd.

Copyright © 2011 The International Commission on Radiological Protection.  
Published by Elsevier Ltd. All Rights reserved.

*No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or  
transmitted in any form or by any means electronic, electrostatic, magnetic tape,  
mechanical photocopying, recording or otherwise or republished in any form, without  
permission in writing from the copyright owner.*



Japanese Translation Series of ICRP Publications  
*Publication 113*

This translation was undertaken by the following colleagues.

Supervised by

Yoshiharu YONEKURA

Translated by

Michimasa SUZUKI, Shigeki AOKI

Editorial Board

The Committee for Japanese Translation of ICRP Publications,  
Japan Radioisotope Association

working in close collaboration with Japanese ICRP & ICRU members.

---

◆ Committee members ◆

Ohtsura NIWA (Chair, ICRP, MC)	Keiko IMAMURA (Vice-chair)	
Reiko KANDA	Yasuhito SASAKI*	Gen SUZUKI
Kenzo FUJIMOTO	Michio YOSHIZAWA	

◆ Supervisors ◆

Nobuhiko BAN (ICRP, C1)	Nobuhito ISHIGURE* (ICRP, C2)
Akira ENDO (ICRP, C2)	Yoshiharu YONEKURA (ICRP, C3)
Michiaki KAI (ICRP, C4)	Toshimitsu HOMMA (ICRP, C4)
Kazuo SAKAI (ICRP, C5)	Hideo TATSUZAKI (ICRU)

---

\* Former ICRP member.

## 邦訳版への序

本書は ICRP の主委員会によって 2010 年 10 月に承認され 2011 年 5 月に刊行された、放射線診断および IVR に従事する医療専門職と医療スタッフ（医学生を含む）ほか多岐にわたる関係者の放射線防護教育と訓練に関する勧告

Education and Training in Radiological Protection for  
Diagnostic and Interventional Procedures  
(Publication 113. *Annals of the ICRP*, Vol. 39, No.5 (2009))

を、ICRP の了解のもとに翻訳したものである。

翻訳は、順天堂大学医学部放射線医学講座の鈴木通真氏と青木茂樹氏により行われた。

この訳稿をもとに、ICRP 勧告翻訳検討委員会において推敲を重ね、ICRP 第 3 専門委員会の米倉義晴氏の監修をいただいて、最終稿を決定した。

本書は「ICRP 103 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」と「ICRP 105 医学における放射線防護」で示した基本的勧告を大幅に拡充したものである。放射線診療の広まりとともに、当事者には臨床における放射線被ばくについて一層の理解が求められている。特に、放射線科以外の医師により実施されることが多い IVR について言える。本書では放射線教育についての現状分析がなされており、中でも、医師についての指摘はわが国にもあてはまる。すなわち、放射線被ばくや放射線防護の教育がなされてはいるが、医学教育課程の早期に行われることが多く、専門分野に分かれてからの教育では放射線科医と他分野の専門医との間で質・量ともかなりの差異が生じている、という事実である。さらに本書では放射線医療機器を製造する側の関与も求め、望ましい教育と訓練について具体的な指針が示されている。放射線診療の従事者をはじめ広く教育関係者、学会関係者にお役立ていただきたい。最後に、関係各位のご尽力に謝意を表すものである。

平成 26 年 3 月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

(公社)日本アイソトープ協会  
ICRP 勧告翻訳検討委員会

委員長 丹羽 太貫 (ICRP 主委員会, 福島県立医科大学)  
副委員長 今村 恵子 (前 聖マリアンナ医科大学)  
委員 神田 玲子 ((独)放射線医学総合研究所)  
佐々木康人 (湘南鎌倉総合病院附属臨床研究センター)  
鈴木 元 (国際医療福祉大学クリニック)  
藤元 憲三 (元 (独)放射線医学総合研究所)  
吉澤 道夫 ((独)日本原子力研究開発機構)

監 修 者

---

伴 信彦 (ICRP 第 1 専門委員会, 東京医療保健大学)  
石樽 信人 (前 ICRP 第 2 専門委員会, 名古屋大学)  
遠藤 章 (ICRP 第 2 専門委員会, (独)日本原子力研究開発機構)  
米倉 義晴 (ICRP 第 3 専門委員会, (独)放射線医学総合研究所)  
甲斐 倫明 (ICRP 第 4 専門委員会, 大分県立看護科学大学)  
本間 俊充 (ICRP 第 4 専門委員会, (独)日本原子力研究開発機構)  
酒井 一夫 (ICRP 第 5 専門委員会, (独)放射線医学総合研究所)  
立崎 英夫 (ICRU 委員, (独)放射線医学総合研究所)

## 抄 録

電離放射線を使用する診断と IVR の実施数は着実に増加しており、そして、患者と医療スタッフの被ばく線量がより高くなる手技もより頻繁に実施されている。そのため、診療スタッフ（医学生を含めた）、その他の医療従事者に対する放射線防護の原則に関する教育と訓練の必要性がこれまで以上に差し迫ったものになっている。

委員会は、ICRP *Publication 103* および *105* (ICRP, 2007a, b) においてこれらの関係者に対する放射線防護教育と訓練について基本的勧告を行ってきた。本勧告は、電離放射線を使用する診断と IVR および核医学治療を実施し、またそれを支援するさまざまな医療従事者に対応できるように、これらの基本的勧告を大幅に拡大している。本勧告は、以下の組織が使用できるように、必要な放射線防護教育と訓練に関する指針を提供している。

- 医療における放射線防護に責任を有する所管規制当局、保健当局、医療機関と専門団体
- これらの手技で使用する機器を生産し販売している産業界
- 医療における電離放射線の使用に関する専門職の教育に責任を負う大学その他の学術機関

この勧告の文脈では、「教育」という語は、(受講者に対して) 知識を伝え、放射線による健康への影響、放射線量と単位、放射線防護の諸原則、放射線関連法規、患者と医療スタッフの線量に影響を及ぼす医療行為の諸要因について理解させることを意味している。そのような教育は、医学、歯学、放射線技術その他の医療関係の資格取得のためのカリキュラムの一部、また、放射線科医、核医学専門医、医学物理士のような専門家に対しては、大学院課程カリキュラムの一部として構成すべきである。「訓練」という語は、医師その他の医療従事者もしくは支援職員が医療行為においてそれぞれの役割で使用する、電離放射線を利用した特定のモダリティ（例えば CT、X 線透視）の正当化された使用に関する放射線防護の指導を提供することを意味している。

ここでは勧告された教育および訓練に関する認証と受講者の認定証についても助言を行っている。本書の文脈において「認証」とは、ある組織が医療において放射線を使用した診断手技または IVR の使用の放射線防護側面に関する教育や訓練を提供することを、許認可機関から承認されていることを意味する。認証された組織は、許認可機関が定めた基準を満たすことが求められる。

「認定証」という語は、個々の医学専門職または臨床専門職が、当該人が行う診断手技または IVR について認証された組織が提供する教育や訓練を首尾よく修了したことを意味する。当該人は、認証された組織が求める方法に従って、その手技について適格な能力を有することを実証しなければならない。

キーワード：教育，訓練，放射線防護，健康管理，医療





# 目 次

	頁 (項)
抄 録 .....	(iii)
招待論説 .....	(ix)
序 文 .....	(xi)
総 括 .....	(xiii)
1. 緒 論 .....	1 (1)
1.1 放射線防護に対する認識を高める必要性 .....	1 (2)
1.2 放射線防護における教育と訓練 .....	2 (8)
1.3 放射線防護教育と訓練が提供すべき知識 .....	4 (16)
1.3.1 放射線被ばくによる将来の潜在的な健康影響 .....	4 (16)
1.3.2 放射線量を管理する必要がある場合の例 .....	5 (21)
1.4 ICRP <i>Publication 103</i> および <i>105</i> に記されている勧告 .....	7 (27)
1.5 画像読影についての訓練 .....	8 (31)
1.6 参 考 文 献 .....	9
2. 訓練対象となる医療従事者 .....	11 (32)
2.1 放射線防護訓練を提供しなかった場合の影響 .....	11 (33)
2.2 教育と訓練を必要とする医師および医療従事者の分類 .....	12 (37)
2.3 医療従事者のための訓練 .....	13 (38)
2.3.1 放射線利用に直接関わる医師 .....	13 (38)
2.3.2 放射線診療を依頼する医師と医療従事者および医学生 .....	14 (44)
2.3.3 その他の医療従事者 .....	15 (49)
2.4 参 考 文 献 .....	16
3. 訓練に組み入れるべき項目の優先順位 .....	17 (53)
3.1 訓練の目的 .....	17 (54)
3.2 医学生および医師向けの講座における訓練項目 .....	20 (61)
3.3 さまざまな医療スタッフ分類に対して推奨される訓練 .....	22 (64)
3.4 参 考 文 献 .....	23

4. 訓練の機会および推奨される方法	25	(72)
4.1 訓練プログラム	25	(73)
4.2 訓練の実施	27	(83)
4.3 訓練量	28	(86)
4.4 継続的医学教育	29	(90)
5. 訓練認定証	31	(91)
5.1 用語	31	(92)
5.2 放射線防護訓練を提供する組織の認証基準	32	(97)
5.2.1 最低要件	32	(97)
5.2.2 講師が有すべき経験	32	(98)
5.2.3 受講者からのフィードバック	32	(99)
5.3 訓練修了を確認するための評価	33	(100)
5.3.1 修了証書	33	(104)
5.4 放射線防護訓練におけるさまざまな組織の役割	34	(106)
5.4.1 大学, 訓練機関および学会	34	(106)
5.4.2 規制当局および保健当局	34	(107)
5.4.3 国際機関	34	(108)
5.4.4 放射線医療機器産業	34	(109)
5.4.5 訓練組織および訓練に対する運営資金充当	35	(110)
付属書 A. 訓練課程内容の推奨例	37	(A 1)
A.1 核医学 [分類 2 (表 3.1) と 10 (表 3.2)]	37	(A 1)
A.1.1 治療目的の核医学手技に対する追加的な放射線防護要素	38	(A 2)
A.1.2 核医学分野従事者の保護	38	
A.1.3 PET/CT 装置を扱う従事者の放射線防護	38	(A 3)
A.2 IVR [分類 1 (表 3.1)]	39	(A 4)
A.2.1 IVR 用 X 線装置	39	
A.2.2 IVR に固有の線量諸量	40	
A.2.3 IVR における放射線リスク	40	
A.2.4 IVR におけるスタッフの放射線防護	40	
A.2.5 IVR における患者の放射線防護	41	
A.2.6 IVR の品質保証	41	
A.2.7 IVR の放射線量に関する手技の最適化	41	

A.3	心臓 IVR [分類 3 (表 3.1)]	42	(A 5)
A.3.1	心臓 IVR に関する X 線装置	42	
A.3.2	心臓 IVR に固有の線量諸量	42	
A.3.3	心臓 IVR における放射線リスク	42	
A.3.4	心臓 IVR スタッフに対する放射線防護	42	
A.3.5	心臓 IVR における患者の放射線防護	43	
A.3.6	心臓 IVR の品質保証	43	
A.3.7	心臓 IVR における放射線量に関する手技の最適化	43	
A.4	移動機器を使用した手術室での X 線透視 [分類 4 (表 3.1) と 12 (表 3.2)]	44	(A 6)
A.4.1	X 線装置	44	
A.4.2	医療スタッフの放射線防護	44	
A.4.3	患者の放射線防護	44	
A.5	参考文献	45	
付属書 B.	小児放射線固有の教育目的の概要	47	(B 7)
B.1	全般事項, 装置および設備に関する考慮事項	47	
B.2	被ばく低減	48	
B.3	リスク要因	49	
B.4	患者の線量測定——診断参考レベル	50	
B.5	医療関係者と親に対する放射線防護	50	
B.6	国際勧告	50	
B.7	核医学上の考慮事項	51	
付属書 C.	訓練教材入手先の例	53	(C 8)
付属書 D.	本報告書に関連する情報を含んだ参考文献	55	



## 招待論説

### 医学における放射線防護教育

——必須であるが、しばしば見逃されることの多い要素——

ICRP *Publication 103* および *105* (ICRP, 2007a, b) では、放射線防護における2つの主要な要素を明快に特定している。すなわち、正当化と最適化である。医療において、リスク対便益比を最大限に高めるためには、リスクがどのようなものであるか、そしてリスクを最小化するためどのような手段があるか知る必要がある。正当化は特定の臨床適応に対して適正な手技を指示することを意味し、最適化は適正な線量を使用することを意味している。

診療放射線手技の使用と頻度の急速な増加が世界中で、特に先進諸国で顕著となっている。ICRP 第3専門委員会は、現在の医療技術による確率の影響と確定的傷害の問題、そしてリスクを低減する方法を詳述したいくつかの報告書を作成してきた。

本報告書を作成する推進力となったのは、放射線発生装置を使用し、また電離放射線を用いる手技を依頼している何百万人もの医師の多くが放射線の潜在的影響や最適化の方法についてほとんど知識を持たず、正しい理解もしていないという現実があるからである。医療手技の急速な拡大により、この分野における教育と訓練は、切迫した最優先の課題となっている。

しかしながら、教育と訓練の実施には2つの大きな困難が立ちふさがっている。1つ目の困難は、どのような訓練を実施すべきであるか、あるいはどのような訓練が必要とされるか、誰がそれを受けなければならないか、あるいは、どれくらいの時間が必要かについて合意がないことである。言うまでもなく、医療における放射線利用に関する職務、設備、複雑さには大きな幅がある。職名や責任も国によってそれぞれ大きく異なっている。このことは、教育プログラムのレベルをいくつも用意し、内容も変化させる必要があることを意味している。もう1つのハードルは、知識の豊富な人材と訓練教材の確保である。

この20年間、医療の複雑化に伴い、放射線防護について教える必要性を感じている人々は、医学教育カリキュラムの時間が限られていることから、他のテーマとの競争を強いられているという実感を強くしている。(PET/CT および CT 画像誘導放射線療法)の進歩によって得られた医療技術の急速な変化は、専門家により作成された教材を簡単に利用できるようなシステム(1か所に集約された知識データベース)を確立しない限り、教員が最新知識に追隨していくことを非常に困難なものにしている。

本報告書では、医療における放射線防護教育と訓練に対する包括的なアプローチが提言され

(x) 招待論説

ている。具体的には、多岐にわたる医療専門職および医療スタッフに対して教育と訓練を施すための内容、目的、管理方式、およびおよその必要時間数を含んでいる。本報告書には、具体的な訓練教材は含んでいないが、教育や訓練を実施する人々が使用できる無料のダウンロード可能な専門的教材を提供する主要なウェブサイトの詳細を挙げている。適切な訓練および継続教育プログラムを構築し実行する責任は、従来どおり職業団体ならびに権限を有する当局が負っている。

ICRP 主委員会名誉委員  
FRED A. METTLER Jr., MD, MPH

参考文献

- ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37**(2-4).
- ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann. ICRP* **37**(6).

## 序 文

長年にわたって、国際放射線防護委員会（ICRP）（以下「委員会」）は、医療における放射線防護と安全に関する助言を記載した多数の報告書を公表してきた。ICRP *Publication 105* は、この分野の全般的な概要である（ICRP, 2007b）。これらの報告書は、放射線防護の一般原則を要約し、医療と生物医学研究における電離放射線のさまざまな用途に対するこれらの原則の適用に関する助言を行っている。

これらの報告書はほとんどが全般的な性格のものであり、本委員会は、困難な問題が生じている具体的な状況に取り組みたいと考えている。そのような各問題についての報告書は、日常の業務に直接関わる人々が読みやすい方式で書かれ、また、そのような報告書が広く普及するようあらゆる努力が尽くされていることが望ましい。

それに向けた第一歩が1997年9月英国オックスフォードにおいて開催された委員会の会議で踏み出された。この会議でICRP第3専門委員会の勧告に従い、委員会は、医療における放射線防護で注目を集めている諸問題に関する報告書を作成するためいくつかのタスクグループを発足させた。

そのような報告書のいくつかがすでに *Publication 84, 85, 86, 87, 93, 94, 97, 98, 102, 112*（ICRP, 2000a, b, c, d, 2003, 2004, 2005a, b, 2007a, 2009）として、また *Supporting Guidance 2*（ICRP, 2001）として世に出ている。本報告書は、この一連の簡潔で焦点を絞った文書の続きであり、その他にも、助言報告書がいくつか現在作成されているところである。

2003年ニューメキシコ州アルバカーキで開催された会議において、委員会は医療スタッフおよび学生を対象とした放射線防護訓練と教育のガイダンスの作成に価値があると決定した。その時点で他にも優先順位の高い項目があったため、この作業は2008年に本格的に着手されることとなった。

本報告書を起案したタスクグループのメンバーは以下の通りである。

E. Vañó（主査）	J. Liniecki
M. Rosenstein	M.M. Rehani

通信メンバーは次の2名であった。

C. J. Martin	R. J. Vetter
--------------	--------------

(xii) 序 文

さらに、ICRP 主委員会のメンバーである Jacques Lochard は査読者として重要な寄与を行った。

本報告書の最終の取りまとめ時期の第3専門委員会の構成は、以下の通りであった。

E. Vañó (委員長)	M. M. Rehani (書記)	M. R. Baeza
J. M. Cosset	L. T. Dauer	I. Gusev
J. W. Hopewell	P.-L. Khong	P. Ortiz López
S. Mattsson	D. L. Miller	K. Åhlström Riklund
H. Ringertz	M. Rosenstein	Y. Yonekura
B. Yue		

本報告書は、上述の趣旨を叶えることを意図している。これらの趣旨にできるだけ役に立つようにするため、いくつかの個所の提示スタイルは *Annals of the ICRP* に記載されている委員会出版物の通常スタイルと異なっている。

本報告書は、2010年10月に主委員会により刊行を承認された。

### 参考文献

- ICRP, 2000a. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. *Ann. ICRP* **30**(1).
- ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30**(2).
- ICRP, 2000c. Prevention of accidents to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. *Ann. ICRP* **30**(3).
- ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. *Ann. ICRP* **30**(4).
- ICRP, 2003. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. *Ann. ICRP* **34**(1).
- ICRP, 2004. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. ICRP Publication 94. *Ann. ICRP* **34**(2).
- ICRP, 2005a. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents. ICRP Publication 97. *Ann. ICRP* **35**(2).
- ICRP, 2005b. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. ICRP Publication 98. *Ann. ICRP* **35**(3).
- ICRP, 2007a. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. *Ann. ICRP* **37**(1).
- ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann. ICRP* **37**(6).
- ICRP, 2009. Preventing accidental exposures from new external beam radiation therapy technologies. ICRP Publication 112. *Ann. ICRP* **39**(4).
- ICRP, 2001. Radiation and your patient—a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. *Ann. ICRP* **31**(4).



# 総 括

(a) 本指針は、医療における放射線防護について責任を負う規制当局、保健当局、医療機関、職業団体、ならびに、医療 X 線と核医学の手技で使用される機器を生産し、販売している民間企業が考慮すべきである。この指針は、また、医療における放射線の使用に関係する専門従事者の教育に対して責任を負う大学その他の学術機関も考慮すべきである。

(b) 患者に放射線を照射する手技に関わる医師とその他の医療従事者は、物理学と生物学の基本的原則を含め、放射線防護の原則について常に訓練されるべきである (ICRP, 2007a)。

## 1. 医療従事者に対する訓練要件

### 1.1 訓練目的

(c) 放射線被ばくを伴うあらゆる医療行為を依頼する際の基本的なルールは、患者の臨床的な管理に及ぼす影響の観点から正当化されなければならないということであり、かつ、このルールは常に遵守すべきものである。

(d) 医師およびその他の医療従事者は、集団全体に不必要なリスクを生じさせることを避けるために、放射線がもたらす障害について理解することが重要である。知識の欠如は、放射線を使わない検査が行えるか、あるいは別の低線量の画像検査が行えるにもかかわらず、余分な電離放射線に被ばくさせる画像検査を依頼する事態を招いている可能性がある。このことは、特に、患者が比較的高い線量に被ばくする CT (コンピュータ断層撮影) において重要である。

(e) 診断と IVR、核医学および放射線治療において、電離放射線を利用する医療または歯科医療を依頼し、それを実施または介助する医師、歯科医師、その他の医療従事者に対して、放射線防護の教育訓練要件を規定すべきである。放射線照射に対する最終責任は、実施しようとしている被ばくの正当化を行った医師または規制で認められた他の医療手技施術者にあり、したがって、このような関係者は適用する手技が持つリスクと便益を認識すべきである (ICRP, 2007b)。

### 1.2 放射線診療を依頼する医師

(f) 電離放射線を用いた画像手技の依頼医および医学生、歯科学生に対して放射線防護教育を実施する必要がある。放射線診療を依頼する医師は、自らが依頼する可能性のある検査の領域に合致した検査依頼基準に精通している必要がある。

(xiv) 総括

(g) 放射線防護の知識とその実践について、依頼医に伝達することをこれまでも増して重視すべきであると委員会は勧告する。この勧告は、特に放射線専門分野以外の一般医および専門医にあてはまる。医師はすべて患者の放射線診療を依頼する可能性が高いため、委員会は、医師を対象とした放射線防護基礎教育を医学部課程の一環として実施することを勧告する。

### 1.3 電離放射線を利用する医師およびその他の医療従事者

(h) 電離放射線の利用により直接的にかかわる医療専門職は、キャリアを開始する際に放射線防護教育と訓練を受けるべきであり、また、教育プロセスは、このテーマについての知識の集積が進むので、専門職として従事する期間を通じて継続しなければならない。新たな設備や技術が医療機関に導入されるため、それに関連する放射線防護の諸側面に関する具体的な訓練を教育プロセスに組み入れるべきである。これらのスタッフは専門職として継続的な能力開発の枠組みに登録すべきである。

(i) IVRは高線量の放射線を伴う場合があり、皮膚に対する確定的影響を避けるためには特別な放射線リスクを考慮する必要がある。*Publication 85* (ICRP, 2000)においてICRPは、X線を使用する他の医師に対して推奨している訓練に加え、さらに1段階上のレベルの放射線防護訓練をIVR専門医と心臓専門医に推奨している。これは、X線透視下でIVRを行う他の医師（例えば血管外科医）にも適用すべきである。

(j) IVR心臓専門医とX線透視下でIVR手技を実施している他の医師（例えば血管外科医）に提供されている放射線防護訓練は、ほとんどの国で内容的に限られたものである。委員会は、これらのグループに対する放射線防護訓練を充実させることに高い優先順位を与えるべきであると考えている。

### 1.4 医学物理士

(k) 放射線防護、核医学、診断放射線分野で働いている医学物理士は、ほとんどの臨床医に対する放射線防護トレーナーとしてのさらなる責任を負っているため、最も高いレベルの放射線防護訓練を受けるべきである。

(l) 医学物理士が、独立して医学物理士の職務に当たり、また他の医療専門職に教えることが認められるには、医学物理士としての専門職認定証や国家登録などにより知識と専門職としての力量を有していることを証明すべきである。また、このような職員は医学物理士としての継続的な能力開発の枠組みに組み入れられるべきである。

### 1.5 放射線が使用される環境で業務に従事する医療従事者

(m) X線透視手技を補助する看護師とその他の医療従事者は、放射線に伴う各種のリスク、

ならびに自分自身の被ばくとその他の人々の被ばくを最小限にとどめるための予防措置に関する知識を必要とする。

(n) 保守エンジニアおよび臨床応用技術専門家は、現在なんらかの放射線防護訓練を受けているが、これは主にスタッフの放射線防護に重点を置いたものと考えられる。特に、デジタル式放射線装置ならびに新種の装置について、患者の放射線防護に関する訓練を拡張する必要がある。

(o) 委員会は、放射性同位元素検査室の職員に対して彼らの職務に関連した訓練を実施することを勧告する。このような職員はフルタイムで長時間にわたって放射性核種を取り扱う作業に従事すると考えられることから、訓練期間はむしろより長期間にわたるものとなる。

## 2 放射線以外の専門職に対する放射線防護訓練および訓練課程

### 2.1 訓練課程の要件

(p) 医療専門職に対しては、各人が出席することのメリットを納得できるように、放射線防護訓練課程が（受講者自らの業務と）関連性があり必要であると受け止められ、限られた時間だけ参加すればよいことが不可欠である。

(q) 放射線防護に関する訓練活動後、受講者が訓練プログラムから得た知識に関する評価を実施すべきである。これにより、出席者に訓練受講認定証を与えることができる。放射線防護訓練プログラムを受講した人々に与えられる修了証書または認定証には基本的な詳細情報を記載すべきである。

(r) 放射線防護教育と訓練は、認定証を発行する前に受講者の力量を調べる公式試験システムによって補完すべきである。

(s) 心臓 IVR などのように手技を行う上で放射線防護に関する訓練認定証が必要とされる場合、専門家は、特定の医療センターでその専門分野の診療に関与する前に、認定証を取得すべきである。国によっては、この要件が既にその分野で専門家が働いている時点で導入されるが、その場合、各医療事業者は自組織の専門家に放射線防護訓練を実施するための方策を講じることが必要となる。

(t) 訓練を実施している組織の認証を維持するフォローアップの一環として、訓練課程終了後または訓練活動終了後に受講者の感想を調査し、結果を分析すべきである。

### 2.2 訓練プログラム

(u) 訓練プログラムは、医療被ばくへの関与の程度の違い、医師および臨床スタッフの種類の違いに応じて考案する必要がある。

(v) 医療従事者のための放射線防護訓練は、それぞれの職務や役割に関係したものとすべきである。

(xvi) 総 括

(w) 訓練プログラムを成功させるための重要な要素は、医療関係者に放射線防護最適化原則の重要性を納得させ、日常診療にそれを取り入れさせることである。これを達成するため、訓練教材は的を射たものでなければならず、臨床医が自分自身の状況と関連付けができる方法で提示しなければならない。

(x) 訓練に組み入れるべき優先順位の高い項目は、それぞれの専門職が医療被ばくにどのように関わるかで変わってくる。医学生を対象とした放射線防護に関する教育プログラムに組み入れるべきテーマに関する方向付けとしては、ICRP *Supporting Guidance 2* 「放射線とあなたの患者——臨床医のためのガイド」\* (ICRP, 2001) が有用であろう。 \* 翻訳中

(y) 医療従事者を対象とした放射線防護訓練プログラムは、対象となる受講者が慣れ親しんだ訓練方式に合わせるべきである。実務訓練は受講者が今後手技を実施すると思われる環境と同じような環境で実施すべきである。

(z) 将来、放射線診療を依頼し、その医療を共に担う専門職や技術スタッフとなる人たちに対して放射線防護に関する教育と訓練を行うために十分な資材が必要であることを認識しなければならない。訓練プログラムは、配置予定の全スタッフに対する初期訓練、定期的な更新と再教育訓練、その教育訓練の証明を含むべきである (ICRP, 2007b)。

(aa) 訓練プログラム認証の最低限の要件としては、関係するすべての面を考慮すべきである。これには、十分な管理上の支援；文書ファイル類、修了証書その他の記録を最低限の年限にわたって保管することの保証；十分な学習支援；授業テーマについて適格性を有し、病院における医学物理士の経験を有する講師陣；実務演習のための計器類；実務訓練に使用する臨床施設の確保、が含まれる。

## 2.3 講師およびトレーナー

(bb) 放射線防護の主たるトレーナーは、自らが従事している診療実務における放射線防護の専門家であるべきである。このことは、放射線防護の詳細な知識を有していることに加え、放射線を利用した臨床診療に関する知識を有していることを意味する。

(cc) 訓練過程の講師は、放射線防護に関する力量を有しているべきである。これは、専門職の有資格証明、国家による登録またはそれと同等の専門職認定システムによって実証されるのが最善の形である。講師陣は、医療施設における放射線防護ならびに臨床環境における実務経験も有していなければならない (例えば医学物理士、放射線技師など)。

(dd) 放射線画像装置を使用する専門職に対する訓練は、それぞれが特定の知識を有する複数の放射線医療専門職から構成されるチームが実施すべきである。

(ee) これらの活動に参加するトレーナーは、現場の要件を満たし、訓練活動に関与する医療専門職が行う手技の放射線防護側面について十分な知識を有することを実証して見せるべきである。

(ff) 放射線防護訓練については要件が多岐にわたることから、なんらかの組織がオンライン評価システムを開発することは有用かもしれない。現在のところ、そのようなオンライン手法が主に大規模な試験を実施している組織から利用可能であることを、委員会は認識している。自己評価試験システムの開発も推奨されることである。

## 2.4 継続教育

(gg) 職業団体、大学その他医療機関によって構築されている講義および訓練プログラムは、専門職の継続的な能力開発を可能にするうえで非常に重要な役割を果たすことになる。

(hh) 多くの医学部がカリキュラムや継続教育にコンピュータベースのツールを使用していることから、放射線生物学および医療における放射線被ばくの継続教育に同じアプローチを用いることは合理的であると考えられる。

(ii) 放射線医学手技または放射線リスクに重要な変化が生じた場合、放射線防護訓練を更新すべきであり、また 36 か月を超えない間隔で、放射線防護訓練を更新すべきである。

## 3. 訓練提供の責任

### 3.1 さまざまな組織の役割

(jj) 医療スタッフに対する放射線防護教育と訓練は、規制当局と保健当局ならびに職業団体と学会が促進すべきである。放射線防護教育プログラムは医療事業者と大学が実施すべきであり、合意されたシラバスと同じ基準に基づくコースを提供するために、地域レベル、全国レベルでプログラムの調整を図るべきである。

### 3.2 大 学

(kk) 分類した医師の役割にふさわしい教育訓練を、大学医学部や研修医の間、特別集中コースに分けて行うべきである。その訓練には評価を行い、首尾よく訓練を修了した者にはその修了を認める適切な認定を行うべきである。さらに、電離放射線を利用した手技の実施や、電離放射線を利用した診断・治療を受ける患者のケアに関わる、その他の臨床従事者についても、それぞれに関連した放射線防護の教育訓練要件を定めるべきである (ICRP, 2007b)。

### 3.3 規制当局

(ll) 規制当局および保健当局は、医療被ばくに関係する人々に対していくつかのレベルの放射線防護訓練を実施し、認定証を発行する権限、ある専門職グループの定期的な更新が必要かどうか判断する権限を有している。規制当局および保健当局はこれらの訓練プログラムに資源を投入し、訓練教材の作成を促進し、調整を行い、場合によっては認定証を交付された専門職の登録簿を保持する法的能力も有している。

(xviii) 総 括

(mm) 医療専門職に対して放射線防護訓練の受講認定証の取得を求める際に規制当局と保健当局が考慮しなければならない重大な問題は、訓練プログラムの実施に利用できる基盤ならびに財政上の要件である。

(nn) 規制当局のスタッフは、限定的な量の放射線防護訓練を受ける必要がある。これは、最適化と放射線防護実務の側面から構成すべきである。

### 3.4 職業団体および学術団体

(oo) 学術団体と職業団体は、一貫した取組みを確保するためのシラバスの策定と、教育・訓練の促進と支援に貢献すべきである。各種の学術集会では、放射線防護に関する再教育コースを組み入れるべきであり、そのコースへの出席を電離放射線を利用する専門従事者の継続的な専門能力開発の要件とすることも考えられる。

(pp) 委員会は、関連する医療スタッフおよび放射線防護スタッフの職業団体に対し、医療事業者と協力して協同で継続教育を発展させるよう求めるものである。

(qq) 職業団体は、継続的な専門能力開発を促進するため、医学系学術集会でそれぞれの専門分野における放射線防護に関する講義を積極的に組み入れることが求められる。

### 3.5 機器メーカー

(rr) 放射線医療機器メーカーには、新しい技術に対する放射線防護訓練で果たすべき重要な役割がある。放射線医療機器産業は、患者の放射線防護の向上を促進するため、新たなX線装置や画像処理システムの導入と並行して、訓練教材を作成すべきである。機器メーカーは、設備が適切に使用されない場合、患者の線量に影響を及ぼすおそれがあることを操作者に警告すべきである。

(ss) 機器メーカーには、しかるべき正確さで被ばく線量を簡易に測定し、記録できるようにするため、放射線機器に組み込める適切なツールを開発し、入手可能とする責任がある。

(tt) 機器メーカーは、画像撮影システムを担当する保守エンジニアと臨床応用の技術専門家に対して、患者の放射線防護に関する訓練が実施されるように措置を講じるべきである。これらの専門家は、彼らが行うX線装置の設定と調整の結果が患者の被ばく線量にどのように影響を及ぼすかについて理解することが重要である。

## 参考文献

- ICRP, 2000. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30** (2).
- ICRP, 2001. Radiation and your patient—a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. *Ann. ICRP* **31** (4).
- ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37** (2-4).
- ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann. ICRP* **37** (6).





# 1. 緒 論

(1) 電離放射線を用いた診断と IVR の実施数は着実に増加しており、患者の被ばく線量が高くなるような手技が実施される頻度も高まっている。こうしたことから、医師その他の医療従事者が放射線防護の教育を受ける必要はより切迫したものとなっている。しかし、ほとんどの国において放射線防護訓練、特に医療専門職に対する放射線防護訓練は不十分である。この章では、放射線診療を依頼する医師や医学生を含めたさまざまなグループの教育の必要性について取り上げて論ずることとする。この教育では、考慮しなければならない具体的な放射線の因子とともに電離放射線の確定的影響、確率的影響の両方を取り上げ、そして放射線防護の原則に従って放射線量を管理する必要性を取り上げるべきであると勧告する。委員会は以前から各種の勧告を出しているが、本報告書は、診断 [X線撮影, X線透視, コンピュータ断層撮影 (CT), 核医学], (透視下) IVR, 核医学療法における電離放射線の使用に関わる医師その他の医療従事者に対する放射線防護教育と訓練の提供というテーマを特に取り上げた最初の報告書である。

## 1.1 放射線防護に対する認識を高める必要性

(2) 多くの人々が、診断および IVR による電離放射線に被ばくしている。放射線治療を除外しても、個々の患者が受ける放射線量は人間の活動に伴う被ばくとしては最も高い被ばくの1つであろう。最先端の医療制度を有する国々では、電離放射線を利用した診断の平均数は、集団構成員1人当たり年間1回近く、あるいはそれ以上に達している。さらに、診断X線検査による患者の被ばく線量は、医療機関の間で非常に異なっており、このことは、放射線防護の最適化が広範囲にわたって必要であることを示唆している (ICRP, 2000)。

(3) 不必要なリスクを避けるため、放射線手技を行うのは患者の臨床的な管理を左右するような影響を及ぼすと期待される場合に限るべきである。すべての医療放射線手技が確実に正当化されるようにするため、放射線手技を依頼する臨床医の間でそのような手技の便益とリスクについての認識を高める必要がある。IVR の実施数、多様性、複雑さが近年増しているため、確定的影響を誘発するほど高い放射線量に患者が被ばくし、手技を行う医療専門職の被ばく線量が職業被ばく限度近くに迫ることも懸念される状況となっている (ICRP, 2000b)。こうしたことから、IVR を受ける患者とこれを実施する従事者双方の線量管理 (低減) に対し特に注意を払うことが重要である。

(4) 診断およびIVRにおける患者と医療専門職の放射線防護と最適化には、関係する医師、X線技師、医学物理士、医療技術者が確信をもって業務に関与し、かつ力量を発揮して業務を遂行することが必要となる。これらの職員に対する計画的な教育と訓練のプログラムは、患者と医療従事者の合理的な放射線防護を確実に行う上で不可欠なものである。

(5) 多くの国において、診断とIVRを依頼または実施しているほとんどすべての種類の医師に対して放射線防護教育と訓練が不足している。医療被ばくに関係する他の職種についてもこのような不足が見られる。この見解は現在、放射線医学の専門家、放射線防護専門家の間で広く共有されており、彼らは状況を改善するために医療スタッフを訓練することが重要であるという点で意見を同じくしている。

(6) 本報告書は、電離放射線を利用した診断とIVRを実施または補助する医師、放射線技師、医学物理士、歯科医、技術者、その他の医療従事者のための放射線防護訓練について勧告を行うものである。本報告書は、医療における放射線防護について責任を負う規制当局、保健当局、医療機関、職業団体、ならびにこれらの手技で使用される機器を生産し販売している企業が考慮すべき指針を定めている。この指針は、医療における放射線の使用に関係する専門従事者の教育に対して責任を負う大学その他の学術機関も考慮すべきである。医学部と卒後医学研究の内容選択の参考となるよう、本指針は、診断およびIVRを依頼する医師と、将来そうした手技を依頼すると思われる医学生と歯学部生に対する放射線防護教育要件について方向性を示している。本報告書は、核医学療法の一部に関係する場合を除き、放射線治療は取り上げない。

(7) 医療専門職の放射線防護教育と訓練を達成する上で未解決の主な問題の1つは、重要な内容に焦点を絞り、実際上の問題を取り上げる教育・訓練実施方法の確立である。特に医療専門職の場合、各人が出席することのメリットを納得できるように、放射線防護教育課程が(受講者自らの業務と)関連性があり必要であると受け止められ、限られた時間だけ参加すればよいことが不可欠である。eラーニング体系を使用すると、専門職が都合の良い時間に訓練を修了し、これまでに蓄積した知識に応じて自分のペースで学習していくことができるであろう。コースの内容と、教材を入手できるウェブサイトについての情報は、付属書A, B, Cに示している。

## 1.2 放射線防護における教育と訓練

(8) 本報告書においては、放射線防護教育と訓練は、以下のように理解すべきである。

(9) 「教育」という語は、放射線障害、放射線量と単位、放射線防護の諸原則、放射線関連法規、患者と医療スタッフの線量に影響を及ぼす放射線防護の諸要因などの基本的テーマに関する知識と理解を提供することを指している。基本レベルの授業は、医学、歯学、その他の

医療教育課程で与えるべきである。放射線技師の教育では、具体的に明確な放射線防護訓練の提供を保証すべきである。放射線科医と医学物理士といった他の専門職に対するこれらのテーマに関するより踏み込んだ教育は、卒後課程において行うべきである。

(10) 「訓練」という語は、医療行為において使用される電離放射線を利用したモダリティ（例えばCT、X線透視）に関する指導と実践を指している。訓練は、放射線防護最適化のために必要な専門知識の提示を含み、実技に関する技能の重要な要素を含むべきである。

(11) 医療スタッフに対する放射線防護教育と訓練は、規制当局と保健当局が促進すべきである。放射線防護教育プログラムは医療事業者と大学が実施すべきであり、合意されたシラバスと同じ基準に基づくコースを提供するために、地域レベル、全国レベルでプログラムの調整を図るべきである。学術団体と職業団体には一貫性のある教育と訓練の提供を確保する上で果たすべき大きな役割がある。学術団体と職業団体は、シラバスの策定、教育・訓練の促進と支援に貢献すべきである。各種の学術集会では、放射線防護に関する再教育コースを組み入れるべきであり、そのコースへの出席を、電離放射線を使用する専門従事者の継続的な専門能力開発の要件とすることも考えられる。

(12) ほとんどすべての医師と歯科医師が放射線診療を依頼する必要があるため、基本的な放射線防護教育を医学部、歯学部課程に組み入れることが適切である。医学部、歯学部課程のシラバスに放射線防護を組み入れるには、地方レベル、全国レベル（例えば大学、教育省）で、セクター間の協力が必要となる。依頼医の定義は、ある個人に放射線診療を受けさせるよう手技担当医に依頼する権限を国の資格によって有する医師、歯科医またはその他の医療従事者である。手技を依頼する臨床医は、患者の病歴についての完全な知識を有しており、依頼の正当化プロセスの一部を成すが、被ばくが正当かどうかに関する最終判断は手技担当医が行う。手技担当医は、放射線防護と画像技術についてより多くの知識と訓練を有しているため、被ばくに対する臨床責任は手技担当医が負う。放射線診療の依頼について正当性が放射線専門職によって確認されない状況では、依頼医は、自らが手技担当医となれるよう放射線技術と放射線リスクについての訓練を相当程度積むことが必要となる。

(13) 電離放射線の使用により直接的にかかわる医療専門職は、キャリアを開始する際に放射線防護教育と訓練を受けるべきであり、また、教育プロセスは、このテーマについての知識の集積が進むので、専門職として従事する期間を通じて継続しなければならない。新たな設備や技術が医療機関に導入されるため、それに関連する放射線防護の諸側面に関する具体的な訓練を教育プロセスに組み入れるべきである。

(14) 医学物理士は、放射線の性質と種類に関する知識、電離放射線の適用に係る放射線防護要件に関する知識を有しているため、放射線防護に関するすべての教育と訓練プログラムで中心的役割を果たす。医学物理士、X線技師および放射線科医は、訓練プログラムの確立と実施にあたり、同僚の医療専門職と緊密に協力すべきである。

(15) 放射線医療機器メーカーには、放射線防護最適化において果たすべき重要な役割がある。彼らには、手技における被ばく線量の意味合いをユーザーに認識させ、線量低減技術の適切な適用について情報を提供する責任がある。機器メーカーには、しかるべき正確さで被ばく量を簡易に測定し、記録できるようにするため、放射線機器に組み込める適切なツールを開発し、入手可能とする責任がある。

### 1.3 放射線防護教育と訓練が提供すべき知識

#### 1.3.1 放射線被ばくによる将来の潜在的な健康影響

(16) 診断および IVR において放射線量を管理する目的は、医療手技の必要性を考慮しながら、電離放射線の確定的健康影響を回避し、確率的健康影響の確率を合理的に達成可能な限り低く保つことである。

(17) 放射線により器官または組織の多数の細胞が影響を受けると、確定的影響（中程度から重症の放射線皮膚傷害のような有害な組織反応）が発生する。この影響は、放射線量が特定のしきい値を超えて初めて臨床的に観察可能となる。複雑な透視下 IVR の結果として、患者の皮膚の局所的な部位でこれらのしきい値に到達する場合は考えられる（ICRP, 2000b）。また現在、IVR を行う施術者において、時として眼の水晶体損傷のしきい値に達し、白内障の頻度が高まるかどうか議論の対象となっている。

(18) 確率的影響（例えばがんや遺伝的影響）は細胞の DNA における放射線損傷によるものであり、この影響は未だ再生可能な細胞の形質転換を引き起こすことがある。これは、悪性の疾患に至る場合がある。損傷が生殖腺の生殖細胞で生じた場合、遺伝的影響が生じるおそれがある。そのような影響の確率は、診断および IVR で被ばくする電離放射線の線量レベルの増加に比例して増加すると考えられている。がん誘発の確率の増加は、被ばく年齢、性別、がんの遺伝的素因によって影響を受けるものである（ICRP, 2007b）。

#### 胚および胎児に対する影響

(19) 胚／胎児における放射線影響は、胎生期発達段階と吸収線量に関連している可能性がある（ICRP, 2003b, 2007b）。確定的影響としては、着床前の胚の吸収と器官形成の異常（奇形）が考えられる。ただし、着床前の胚の吸収は非常にまれであると考えられている。また器官形成異常は、受胎後 3 週目から 8 週目にかけてさまざまな臓器に起こる可能性がある。発達途上の中樞神経系の損傷は、胎生初期、特に受胎 8 週目から 15 週目にかけて、また、程度はそれより下がるが、受胎 16 週目から 25 週目にかけても生じるおそれがある。これらの確定的影響のしきい線量値は比較的高く（>100 mSv）、最適化された診断手技では生じないはずである。確率的影響に関しては、胎生期発達段階における照射により、幼児期後半に白血病

その他のがんの発症確率が高まる。これらの影響は事実上確率的であり、そのため線量しきい値はなく、したがって、これらのがんはその確率は低いものの低線量の被ばくにより発生するおそれがある。

(20) スタッフが放射線防護について適切な教育と訓練を受けていれば、診断による線量と、ほとんどの場合、透視下 IVR による線量は、確定的影響の線量しきい値に近づくことはないはずである。確率的影響の確率は完全には除外することはできないため、正当化できる場合にのみ手技を依頼し、実施し、かつ放射線防護の最適化を確実にするため、そのような手技による患者とスタッフの線量管理に向けて合理的な措置をすべて講じることが、適切なアプローチである。

### 1.3.2 放射線量を管理する必要がある場合の例

(21) 訓練対象グループごとに学習目的を把握するため、必要性の評価を実施すべきである。放射線防護教育と訓練が必要となる実際的な例をいくつか以下に挙げる。

(22) 妊娠中の患者に関して (ICRP, 2000a) :

- 患者が妊娠しているという事実は、個々の患者について手技を正当化する際に考慮しなければならない。
- 患者に対する検査方法は、胚／胎児が直接 X 線ビームの中に入るかどうか、手技が比較的高線量を必要とするかどうかによって依存する。

(23) IVR に関して (ICRP, 2000b) :

- X 線透視下 IVR が数多くの臨床医によって利用されており、IVR を行う多くの医師は、これらの手技による傷害の可能性があること、しかも簡単な方法でその発現率を低下させることができることを認識していない。時として重篤な皮膚の放射線傷害が発生している。
- IVR は複雑で技術要求度が高い手技である。IVR 手技は術者に負うところが非常に多い傾向があり、施設によって少しずつ違った技術で行われている。手技の担当医は、臨床的な技術とともに、放射線防護の知識について適切な訓練を受けていなければならない。放射線診断学について行われる訓練に加え、さらにもう 1 段階上のレベルの具体的に特化した放射線防護の訓練が不可欠である。
- 難しい手技を受ける患者は、放射線リスクに関して助言を受ける必要があり、その手技実施に伴う放射線量により傷害が生じるおそれがある場合、臨床的に経過を観察する必要がある。放射線影響の可能性がある場合、患者の主治医にその旨を通知すべきである。

(24) CT 検査に関して (ICRP, 2000c, 2007a) :

- CT 検査は、比較的高い線量を患者に与える。特に、多列検出器を備え、迅速なスキヤニングとより幅広いスキヤン範囲を可能にした最新の CT スキヤナはその傾向が強い。疫学的研究によると、複数の検査で被ばくした場合、しばしば線量のがんの発症確率を高める線量レ

ベルに接近するか、それを上回る場合がある。

- SPECT/CT スキャナおよび PET/CT スキャナでは、しばしば高線量の核医学手技と CT が併用され、そのため特に高線量の被ばくを生じさせる。
- CT を依頼する医師は、個々の CT の結果が患者の臨床的な管理に影響を及ぼすかどうか評価すべきであり、その正当化については放射線科医の同意が必要である。これには、臨床的適応が高線量の手技を必要とするものか、低線量手技で十分なものか、の区分について理解していることが含まれる。
- 放射線科医と放射線技師は、技術的パラメータを患者ごととそれぞれの検査に合わせることで患者の線量を管理できる可能性があること、特に小児患者には注意を払うべきであることを認識しているべきである。
- すべての CT システムで線量低減の可能性がある。放射線科医、心臓専門医、医学物理士、放射線技師は患者の線量と画質の関係を理解し、またすべての画像診断が高品質の画像を必要とするわけではないということを理解することが重要である。
- 放射線技師は、小児科の患者のために特定の係数を適用することによって被ばくを低減できることを理解しておくべきである。以前は、多数の小児患者が成人の係数を適用して検査され、必要以上に高い線量に被ばくしていた。
- SPECT/CT スキャナおよび PET/CT スキャナにおける CT は、主として放射性医薬品が局在している部位の解剖学的識別のために実施されることが多いため、これらの装置のオペレータは、画質が低く、低線量オプションでも適切な場合があることを考慮すべきである。

(25) デジタル放射線医学検査に関して (ICRP, 2003a) :

- デジタル技術には放射線診療を改善できる可能性はあるが、画質の向上が得られないのに必要以上に高い線量を照射している可能性がある。
- 画像診断の業務では検査の課題に応じて、必要とする画質もそれぞれ異なっている。臨床目的から見て便益がない場合は、使用する線量レベルを上げて画質を高めるといった手法は避けるべきである。
- デジタル X 線透視システムで画像を撮影（そして削除）することは非常に簡単であり、必要以上に多くの画像を撮影する傾向が生じている。
- 医療機器メーカーは、デジタルシステムについて推奨される被ばくパラメータと、結果として患者が被ばくする線量を放射線科医、放射線技師、医学物理士が把握できるようにするためのツールを販売、普及させるべきである。
- 医療機器メーカーは、放射線科医、放射線技師、医学物理士と緊密に協力し、患者の被ばく線量を最小減に抑えるための手法を開発し、プロトコルの最適化を図るべきである。

(26) オペレータの線量に関して (ICRP, 2000a, b) :

- 放射線を利用する手技を実施している医療専門職が雇用主に妊娠していることを告げた場

合、胚／胎児の被ばくが公衆に対して提供される保護レベルとおおむね同等の保護レベルにおさまるよう追加の予防措置を検討すべきである。

- 作業負荷が大きい難しい手技を行う IVR 担当医は、高線量に被ばくする可能性がある。時として、放射線傷害のリスクを低減するため特定の個人について手技の施術を制限することが必要になる場合がある。
- 患者ベッドに接する位置によってスタッフが被ばくする線量が高くなったり低くなったりする。スタッフには、IVR に用いる X 線装置との位置関係により線量率が異なることについて教育を提供すべきである。
- Publication 103* (ICRP, 2007b, 249 項) で、委員会は以下のように述べている。「しかしながら、視力障害に関する眼の放射線感受性についての新しいデータが発表されると期待されている。委員会は、そのデータが利用できるようになった時点でそのデータと、それらが眼の水晶体の等価線量限度にとって重大かどうか考察するであろう。このリスクには不確実な点があるため、眼が被ばくする状況では放射線防護の最適化を特に重視すべきである。」

## 1.4 ICRP Publication 103 および 105 に記されている勧告

(27) 診断および IVR を行っている医療専門職の放射線防護訓練の根底にある目的は、患者とスタッフの線量を管理する医療専門職の能力を高め、それによって、放射線量を、実施する臨床上の課題に見合ったものにするることである。*Publication 103* (ICRP, 2007b, 328 項) および *Publication 105* (ICRP, 2007c, 106, 107, 108, 110 項) は、この訓練に関して以下の勧告を行っている。

### (28) *Publication 103*

「患者に放射線を照射する手技に関わる医師とその他の医療従事者は、物理学と生物学の基本的原則を含め、放射線防護の原則について常に訓練されるべきである。患者の医療被ばくに対する最終責任は医師にあり、それゆえ、医師は、関連する手技のリスクと便益を理解しているべきである」(ICRP, 2007b, 328 項)。

### (29) *Publication 105*

「診断と IVR、核医学および放射線治療において、電離放射線を利用する医療または歯科医療を依頼し、それを実施または介助する医師、歯科医師、その他の医療従事者に対して、放射線防護の教育訓練要件を規定すべきである。放射線照射に対する最終責任は医師にあり、医師はその手技が持つリスクと便益を理解しているべきである」(ICRP, 2007c, 106 項)。

「放射線の医学利用に関連して、医師は3つのカテゴリーに分類できる。

- 電離放射線を用いる医療の専門家として訓練された医師（例えば放射線科専門医，核医学専門医，放射線腫瘍医）
- 診療で電離放射線モダリティを利用するその他の医師（例えば循環器医，血管外科医，泌尿器科医）
- 電離放射線を用いた診療を依頼する医師」(ICRP, 2007c, 107 項)。

注：これらの分類は本報告書2章でさらに展開されており，それぞれの分類に対する訓練の量についてより詳細な勧告を3章で提示している。

「分類した医師の役割にふさわしい教育訓練を，大学医学部や研修医の間，特別集中コースに分けて行うべきである。その訓練には評価を行い，首尾よく訓練を修了した者にはその修了を認める適切な認定を行うべきである。さらに，電離放射線を利用した手技の実施や，電離放射線を利用した診断・治療を受ける患者のケアに関わる，その他の臨床従事者についても，それぞれに関連した放射線防護の教育訓練要件を定めるべきである」(ICRP, 2007c, 108 項)。

「重要なことは，将来，放射線診療を依頼しその医療を共に担う専門職や技術スタッフとなる人たちに対して放射線防護に関する教育と訓練のための十分な資材を提供することの必要性である。その訓練のためのプログラムには，配置予定の全スタッフに対する初期訓練（配置前教育訓練），定期的な更新と再教育訓練，およびその教育訓練の証明を含むべきである」(ICRP, 2007c, 110 項)。

(30) この報告書の内容は，診断および IVR と核医学治療における放射線防護訓練に限定している。

## 1.5 画像読影についての訓練

(31) 医療被ばくが正当化されるかどうかを決定する重要な要素は，得られる画像が臨床処置にとって必要な情報を提供できるかどうかである。したがって，画像が提供される臨床医は，画像の中の関連する細部を読影するために適切な訓練を受けていなければならない。画像の読影は，広範囲な訓練を受けた放射線科医が行うことが多い。しかしながら，多くの画像は他の医療スタッフによっても読影されているため，臨床医は要求されるレベルに応じて十分な訓練を医学部または専門医の訓練において受けることが重要である。画像の読影訓練は，本報告書のテーマではないが，読影が臨床被ばくの正当化プロセスの重要な側面の1つを構成することから，これに言及している。



## 1.6 参考文献

- ICRP, 2000a. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. *Ann. ICRP* **30**(1).
- ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30**(2).
- ICRP, 2000c. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. *Ann. ICRP* **30**(4).
- ICRP, 2003a. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. *Ann. ICRP* **34**(1).
- ICRP, 2003b. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. *Ann ICRP* **33**(1/2).
- ICRP, 2007a. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. *Ann. ICRP* **37**(1).
- ICRP, 2007b. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37**(2-4).
- ICRP, 2007c. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann. ICRP* **37**(6).
- UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York.



## 2. 訓練対象となる医療従事者

(32) 医師の間で放射線によるリスクに関する認識が乏しいことが、多くの国で放射線手技の過剰な依頼につながっている。放射線診療を依頼する際に医師がリスクを考慮に入れることができるよう、医師はリスクの性格を理解する必要がある。妊娠中の患者を診療する際、実際の臨床での便益、リスクの最小化、不必要な妊娠中絶の回避の間で適切なバランスを実現しなければならない。IVRは確定的影響のリスクを伴う。放射線防護教育および訓練の適切な量に関する目安として、医療従事者を次の15のカテゴリーに分類した。そのうち8つの分類はさまざまな医師と歯科医師のグループから構成され、7つの分類は放射線の使用に関与しているその他の医療従事者を表している。医学生と電離放射線を使用した医療手技を依頼する医師に対する訓練を含め、各分類に応じた訓練に関する勧告を論じる。

### 2.1 放射線防護訓練を提供しなかった場合の影響

(33) この10年にわたる放射線を使用した医療手技の急速な拡大は、医療被ばくによる放射線量が集団の放射線被ばくの重要な構成要素（一部の国では最大の構成要素）となる状況を招いている（UNSCEAR, 2000）。集団全体に不必要なリスクを生じさせることを避けるため、医師その他の医療従事者がリスクを理解することが重要である。すべての被ばくは、患者の臨床的な管理に及ぼす影響の観点から正当化されるべきであるということを基本的なルールとすべきである。知識の欠如は、放射線を使わない検査が行えるか、あるいは別の低線量の画像検査が行えるにもかかわらず、余分な電離放射線に被ばくさせる画像検査を依頼する事態を招いている可能性がある。

(34) 過剰な依頼に加えて、臨床医の放射線障害に関する認識不足や無理解から他にも多くの結果が生じる可能性がある。妊婦に対して、なんらかの医用画像検査後に妊娠中絶を医師が勧告した事例は多数に上っている。このような慣行は、放射線被ばくによるリスクの理解不足から生じている。知識の不足は、胎児被ばくによるリスクに対する恐怖が誇張されるために、必要な診療を妊婦が受けない事態につながる場合もある。

(35) 被ばくに直接関与する職員は、放射線防護について手技が最適化されるようにし、それによって個々の患者が受ける放射線量が必要以上に高くならないようにするため、放射線防護訓練を受ける必要がある。技術の開発に伴い新しい課題が継続して出現する。例えば、デジタル放射線診断装置は患者の線量を低減できる可能性があるが、大幅に線量を増やす可能性

もある。医療専門職員は、効果的にこの技術を使用できるよう訓練を受ける必要がある。これまでの経験によると、多くの放射線部門でデジタル機器に移行したが、患者の線量は減少せず、相当程度の線量増加が見られた場合もあることが示されている。*Publication 93* (ICRP, 2003) は、デジタル放射線診断装置に対する適切な線量管理に焦点を当てた報告書であり、*Publ. 93* の2章では放射線科医と放射線技師に対する訓練の必要性について解説し、付属書Cでは教育と訓練の概略を提示している。

(36) 臨床業務の一環として電離放射線を使用するいくつかの医療分野では、放射線防護についてある程度の知識を学ぶ必要がある。教育と訓練のレベルは、放射線の使用、作業量、それらに伴うリスクレベル(放射線量)に応じて異なってくる。X線透視下手技を行う医師が、この手技について訓練を受け、その認定証を発給されることの必要性は、不必要な被ばくを避けるために非常に重要である。また、他にも、広範囲にあるいは限定的に放射線被ばくに関与する医療従事者のグループが存在し、彼らは訓練を受ける必要がある。

## 2.2 教育と訓練を必要とする医師および医療従事者の分類

(37) さまざまな医師と医療従事者が必要とする放射線防護訓練の明細を明らかにするために、関係者の大多数をカバーする分類を以下に示す。

- 分類1——放射線科医：放射線医学で電離放射線の使用が業務の主要な要素を占める職務に就こうとしている医師。これには、IVRを行っている医師も含まれる。
- 分類2——核医学専門医：PETまたはPET/CTを含む診断と治療のために、核医学で放射性医薬品の使用が主要な要素を占める職務に就こうとしている医師。
- 分類3——心臓専門医と他の専門分野のIVR担当医：職務の大部分ではないが、職務上で電離放射線をかなり多用する医師、例えばインターベンション心臓専門医など。関係する専門は、国により異なるが、血管外科医と脳神経外科医がこれに該当すると思われる。
- 分類4——X線を使用するその他の専門医：泌尿器科、消化器科、整形外科、脳神経外科または他の専門分野で、業務上、X線透視の使用を必要とする医師。
- 分類5——核医学を使用するその他の専門医：業務上において限られた範囲の核医学検査を依頼・使用する医師。
- 分類6——放射線手技を支援するその他の医師：他の医師の指示によりX線透視手技に関与する麻酔専門医や、放射線業務従事者の記録をレビューする産業医。
- 分類7——歯科医：日常業務の一環として、歯のX線画像を撮影、読影する歯科医。
- 分類8——手技を依頼する医師：電離放射線が関係する検査および手技を依頼する医師、ならびに将来検査を依頼するかもしれない医学生。
- 分類9——医学物理士：放射線防護、核医学または診断用X線を専門に扱う医学物理士。

- 分類 10——放射線技師，核医学技師およびX線技術員：主たる業務がX線装置の操作や検査にかかわる職務に就こうとしている者。さまざまな病院で一定の範囲のX線装置の検査を行う者，また，放射性核種による画像装置を操作する技師を含める。
- 分類 11——保守エンジニアおよび臨床応用技術専門家：X線および画像撮影システム（核医学を含む）の保守やそのような装置の臨床応用に関する助言を担当する者。
- 分類 12——その他の医療従事者：その他の専門職員（例えば患者を評価するために放射線医学技術の使用に関わる可能性のある足専門医，理学療法士，言語療法士）。
- 分類 13——看護師：診断目的および介入目的で行うX線透視手技，放射性医薬品の投与または核医学患者のケアを支援する看護職員その他の医療専門職。
- 分類 14——歯科医療専門職員：歯科X線写真，プロセス画像を撮影する歯科衛生士，歯科看護師，歯科治療アシスタント。
- 分類 15——脊椎ヘルスケア療法師（カイロプラクタ）：X線被ばくを伴う撮影を依頼する，正当化する，あるいは撮影を実施する可能性のある，脊椎ヘルスケア療法師その他の医療従事者。
- 分類 16——放射性医薬品を取り扱う薬剤師および放射性核種検査室スタッフ：放射性医薬品を取り扱う薬剤師および放射免疫測定法のような診断目的のために放射性核種を使用する者。
- 分類 17——規制当局者：電離放射線関連法規の施行に責任を有する者。

## 2.3 医療従事者のための訓練

### 2.3.1 放射線利用に直接関わる医師

(38) いくつかの国では，放射線診断専門医および核医学専門医に対して研修医の期間中に放射線防護について通常 30 時間から 50 時間の広範かつ正式な訓練プログラムが提供され，これを受講した上で認定証が授与されている。これらの専門家グループは，種々多様なシナリオにおいて発生する障害と放射線防護について高いレベルの理解を必要としている。すべての国で同じようなレベルの訓練が必要とされる。

(39) IVR は高線量の放射線を伴う場合があり，皮膚に対する確定的影響を避けるためには特別な放射線リスクを考慮する必要がある。*Publication 85* (ICRP, 2000) において ICRP は，IVR 専門医と心臓専門医に対し，次のようにさらに 1 段階上のレベルの放射線防護訓練を推奨している。

「IVR は複雑で技術要求度が高い手技である。IVR 手技は術者に負うところが非常に多い傾向があり，施設によって少しずつ違った技術で行われている。このような状況では，

手技担当医が、臨床的な技術とともに、放射線防護の知識について適切な訓練を受けていることが特に重要である。放射線診断学について行われる訓練に加え、もう1段階上の、具体的に特化したレベルの放射線防護の訓練が望まれる。新しいX線システムや技術が施設に導入される際には、特別に追加訓練が計画されるべきである。IVRを行う施設の品質保証プログラムには、放射線防護の訓練と線量制御技術の評価を含めるべきである」(ICRP, 2000, 50 項)。

(40) 心臓カテーテル専門医と心臓 CT を指示する専門医に与えられる放射線防護訓練は、ほとんどの国で内容的に限られたものである。委員会は、このグループに対する放射線防護訓練を充実させることに高い優先順位を与えるべきであると考えます。

(41) 血管外科医、泌尿器科医、内視鏡専門医、整形外科医などのその他の専門医の場合、これらの分野の医師たちが透視下での侵襲的な手技を指示する前に与えられている訓練ははるかに少ない。この放射線防護訓練に割り当てられる時間は、放射線物理学と放射線生物学についてどの程度の知識を有していたかに依存するが、一般的に、(公式訓練課程と実地研修を含み)少なくとも15時間以上とすべきである。それぞれの専門分野で必要とされる狭い範囲の核医学検査の実施に関わる医師に対しても、重点の置き方は異なるが、同程度の訓練量の放射線防護訓練を実施することが推奨される。

(42) 麻酔医のように、直接X線装置を操作したり、放射性核種を投与したりはしないが、専門医と緊密に協力するその他の専門医は、放射線防護の基本的側面 [例えば、散乱放射線、放射線装置の使用が被ばくにどのように影響するか、放射線の単位、放射線生物学、妊娠と授乳時の被ばくりスク (開放線源を使用している場合)] についてなんらかの訓練が必要となる。これらの医療関係者にとって、セミナーと実用的なデモンストレーションを行うことが放射線防護訓練の最良の組合せとなるであろう。ビデオその他の補助技術を取り入れたeラーニングプログラムは学習経験を高めることができる。

(43) 放射線業務従事者の線量と健康記録をレビューする産業医にも、放射線防護教育が必要である。産業医は、個人が高線量に被ばくした後、もし従事者が特定の病状を示した場合、もしくは妊娠している場合には放射線作業に従事することの可否を決定しなければならないかもしれない。

### 2.3.2 放射線診療を依頼する医師と医療従事者および医学生

(44) ほとんどの医師は、電離放射線を使用する診断検査および手技を依頼する必要があるであろう。このような依頼を行う可能性のある現在の医師と将来医師になる者に対して、特に小児科に対して重点を置きつつ、同じレベルの放射線防護教育を実施する必要がある。

(45) これらのグループが知る必要のある情報は、電離放射線の生物学的影響の基礎、放

放射線の基本的考え方と各種単位、放射線量と確率的影響の可能性の増加との関係である。これには妊娠時における特定のリスクも組み入れるべきである。欧州委員会（EC）は、この問題に関するガイドラインを公表している（EC, 2000）。

（46）放射線診療を依頼する医師は、彼らが依頼する可能性のある検査の領域に合致した依頼基準に精通している必要がある。画像撮影依頼ガイドライン（放射線医学会によって発表されるガイドラインなど）を参照することを推奨する。これらのガイドラインは、経験の集積に応じて定期的に更新されており、したがって、定期的に、特に新しい手技が導入された際には、依頼基準を再確認することが重要である。

（47）将来の（検査）依頼者を対象とした放射線防護教育は、専用の短期課程に組み入れるか、医学部課程で電離放射線を用いた診断手技の基礎に関する教育に統合することが考えられる。

（48）救急病棟や足病医のもとで勤務する上級看護師、それ以外の医療従事者も、ある特定の状況では放射線診療を依頼することがあるので、放射線障害についてなんらかの教育を必要とする。ただしこれは、業務範囲が他の場合に比べ狭いため、教育内容はさらに限定的なものとなろう。国によっては、上級看護師とその他の医療従事者が独立して職務を行い、限られた範囲の放射線診療を依頼するのを許されている国もあり、これらの個人に対しては、分類8と同じ訓練を受け、認定証の取得を義務づけるべきである。

### 2.3.3 その他の医療従事者

（49）医療従事者に対する放射線防護訓練は、それぞれの職務や役割に応じて異なる。放射線防護分野で働く医学物理士やその他の放射線専門職は、ほとんどの臨床医に対する放射線防護トレーナーとしてのさらなる責任を負っており、最も高いレベルの放射線防護訓練を受けるべきである。

（50）放射線防護は、核医学技師、放射線技師にとって職務の中核となる側面の1つであり、全員が相当な内容の放射線防護訓練を受けることが要求される。そして彼らは他の職種の人々の訓練に貢献することが考えられる。

（51）画像撮影システムに責任をもつ保守エンジニアと臨床応用の技術専門家は、自分自身の役割に関連した範囲で放射線防護の訓練を受けるだけでなく、患者の放射線防護についても訓練を受ける必要がある。これらの専門家は、X線装置の設定と調整の結果が患者の被ばく線量にどのように影響を及ぼすかについて理解することが重要である。

（52）X線透視手技を補助する看護師とその他の医療従事者は、放射線に伴う各種のリスク、ならびに自分自身の被ばくとその他の人々の被ばくを最小限にとどめるための予防措置に関する知識を必要とする。放射線防護が最適化されていなかった心臓カテーテル検査室で働いている人々の間に水晶体混濁のリスクが生じることを示す証拠がある。

## 2.4 参考文献

- EC, 2000. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000 <[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf)>. (accessed March 1, 2011).
- ICRP, 2000. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann. ICRP* **30**(2).
- ICRP, 2003. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. *Ann. ICRP* **34**(1).
- UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York.



### 3. 訓練に組み入れるべき項目の優先順位

(53) この章では、放射線防護教育の目的と放射線防護訓練に組み入れるべき項目を検討する。訓練受講者を熱心に取り組ませ、それぞれが用いている手技に関連した放射線障害とリスクを理解させることの必要性に重点を置いている。放射線の使用に対して現実的なアプローチを取りながら効果的な訓練を達成することは簡単なことではない。ここではすべての医師を対象として実施する放射線障害、リスク、適用に関する課程における推奨内容を提示している。この内容は、医学部その他の医療従事者の履修課程でカバーされている場合もある。医師または医療従事者の役割に応じて変わってくるそれ以外の履修項目も考慮している。訓練量とテーマは、グループごとに重要度が多少変動するため、それぞれの量とテーマに関する推奨内容を表3.1と表3.2にまとめて提示している。

#### 3.1 訓練の目的

(54) 訓練プログラムを成功させるための重要な要素は、医療関係者に放射線防護最適化原則の重要性を納得させ、日常の診療実務にそれを取り入れさせることである。これを達成するため、教材は的を射たものでなければならず、臨床医が自分自身の状況と関連付けができる方法で提示しなければならない。

(55) 訓練に組み入れるべき優先順位の高い項目は、それぞれの専門職が医療被ばくにとどのように関わるかで変わってくる。例えば、放射線科医と核医学専門医にとっては、具体的な手技上の側面が重要となるが、依頼する医師にとっては、これらは関連性がない。しかしながら、ほとんどの医療専門職は放射線障害およびリスクといった基本的なテーマについての知識を必要としている。IVRの施行者は、確定的影響を回避するため、患者（および医療関係者）の線量をしきい値よりも十分低く維持するような方法で管理しなければならないことを認識していなければならない。

(56) 確定的影響は細胞の単純なプロセスであるため、放射線防護原則の基本を理解している人々であれば、確定的影響は容易に認識することができる。IVR専門医と心臓専門医に対する教育プログラムでは、確定的影響の線量-反応関係、副次的要因が線量-反応関係に及ぼす影響、異なる組織ごとの線量しきい値の大きさに関するデータを提供すべきである。

(57) 一方で、確率的影響の誘発に関与するメカニズムと、確率的影響の発現確率が線量の関数であることは、すべての医師、医療従事者に明確に認識されてはいないかもしれない。

表 3.1 医師および歯科医の分類別に推奨される放射線防護訓練に関する要件

訓練分野	分類							
	1 DR	2 NM	3 CDI MDI	4 MDX	5 MDN	6 MDA	7 DT	8 MD
原子構造, X線の生成, 放射線の相互作用	m	h	l	l	l	l	l	—
原子核の構造および放射能	m	h	l	—	m	—	—	—
放射線諸量および単位	m	h	m	m	m	l	l	l
X線発生装置の物理的特性	m	l	m	m	l	l	m	—
放射線検出の基礎	m	h	l	l	m	—	l	—
正当化の原則およびプロセス	h	h	h	h	h	h	h	m
放射線生物学, 放射線の生物学的影響の基礎	h	h	m	m	m	l	l	l
がんおよび遺伝病のリスク	h	h	m	m	m	l	m	m
確定的影響のリスク	h	h	h	m	l	l	m	l
最適化を含めた放射線防護の一般原則	h	h	h	m	m	m	m	l
使用時における放射線防護	h	h	h	m	h	m	m	l
特定患者に対する放射線防護の側面	h	h	h	h	h	m	h	l
特定スタッフに対する放射線防護の側面	h	h	h	h	h	m	h	l
診断手技によって被る代表的な線量	h	h	m	m	m	m	m	m
胎児の被ばくリスク	h	h	l	m	m	l	l	l
品質管理および品質保証	m	h	m	l	l	—	l	—
国内規制および国際規格	m	m	m	m	m	l	m	l
推奨訓練時間数	30~50	30~50	20~30	15~20	15~20	8~12	10~15	5~10

RP=放射線防護, DR=放射線診断専門医, NM=核医学専門医, CDI=インターベンション心臓専門医, MDI=他の専門分野におけるIVR医, MDX=X線システムを使用している他の専門医, MDN=核医学を使用するその他の専門医, MDA=X線透視手技を補助する他の医師(例えば麻酔医および産業医), DT=歯科医, MD=医療被ばくを伴う手技を依頼する医師および医学生, l=諸原則の一般的認識および理解のような基礎レベルの知識, m=実施する手技に影響を及ぼす項目に関する十分な基本的理解を示すような中級レベルの知識, h=他の職員を教育することができるような上級レベルの詳細な知識および理解

表 3.2 医師、歯科医以外の医療従事者の分類別に推奨される放射線防護訓練に関する要件

訓練分野	分類									
	9 MP	10 RDNM	11 ME	12 HCP	13 NU	14 DCP	15 CH	16 RL	17 REG	
原子生成、放射線の相互作用	h	m	m	l	l	m	l	m	l	
原子核の構造および放射能	h	m	m	—	—	—	—	m	l	
放射線諸量および単位	h	m	m	l	l	l	m	m	m	
X線発生装置の物理的特性	h	h	h	m	—	l	m	l	l	
放射線検出の基礎	h	h	h	l	l	l	l	m	l	
正当化の原則およびプロセス	h	h	—	l	l	l	h	—	m	
放射線生物学、放射線の生物学的影響の基礎	h	m	l	m	l	l	m	m	l	
がんおよび遺伝病のリスク	h	h	l	m	l	m	m	m	m	
確定的影響のリスク	h	h	—	l	l	l	m	l	m	
最適化を含めた放射線防護の一般原則	h	h	m	m	m	m	m	m	m	
使用時における放射線防護	h	h	m	m	m	m	m	h	m	
特定患者に対する放射線防護の側面	h	h	m	h	m	m	h	—	m	
特定スタッフに対する放射線防護の側面	h	h	m	h	m	m	h	h	m	
診断手技によって被る代表的な線量	h	h	l	l	—	l	m	—	l	
胎児の被ばくリスク	h	h	l	m	l	l	m	m	l	
品質管理および品質保証	h	h	h	l	—	m	m	l	m	
国内規制および国際規格	h	m	h	m	l	l	m	m	h	
推奨訓練時間数	150~200	100~140	30~40	15~20	8~12	10~15	10~30	20~40	15~20	

RP = 放射線防護, MP = 放射線防護, 核医学, 放射線診断学を専門とする医学物理士, RDNM = 診療放射線技師, 核医学技師, X線技師, ME = 保守エンジニアおよび臨床応用技術専門家, HCP = X線手技に直接関わる医療従事者, NU = X線または核医学手技を補助する看護師, DCP = 歯科衛生士, 歯科看護師, 歯科治療助手などの歯科治療従事者, CH = X線撮影手技の依頼, 正当化, 実施を行うカイロプラクティックおよび他の医療従事者(訓練量は行う仕事の範囲に依存する), RL = 放射性医薬品を取り扱う扱う薬剤師および放射性核種検査室スタッフ, REG = 規則の一般的認識および理解の一般的な範囲の知識, m = 実施する手技に影響を及ぼす項目に関する十分な基本的理解を示すような中級レベルの知識, h = 他の職員を教育することができるような上級レベルの詳細な知識および理解

高線量に被ばくした後の悪性腫瘍の罹患率や悪性腫瘍による死亡率が増加することは一般に知られており、疑問視されていないが（例えば原爆被爆者やその他多くの集団）、低線量（ $<0.1$  Sv）の場合は、想定されるリスクは高線量からの外挿によって導かれ、仮説に基づいているため、事情が異なっている。その上、低線量領域におけるリスクの大きさ（発生確率）は小さく、時間的に遅延し、原因を被ばくに直接帰することができない。

(58) 日常の診療行為における死亡または重大な健康障害のリスクは、診断または IVR から生じる（放射線による）確率的現象のリスクより数桁高い。さらに、発現までの時間幅が非常に大きいため、多くの医師とその補助者にとって、確率的現象が実際に起きた場合に重大な苦しみや犠牲を伴うことが事実であるとしても、その現象の危険に対する懸念は2番目、3番目となることは意外なことではない。さらに、放射線診断を頻繁に受け、その結果として医療被ばくによるがん発症リスクが平均よりずっと高くなる患者が存在することも通常忘れられている。教育と訓練では、このテーマに関してその時点で認められている最新の知識と勧告の明快かつ納得のいく伝達を達成することを目指すべきである。放射線防護体系について ICRP が勧告しているアプローチは、確率的影響に線量しきい値は存在せず、確率的影響のリスクは臓器線量または組織線量に比例すると仮定する、というものである。

(59) 放射線被ばくに対するもう一方の極端な反応は通常、実際の帰結とそれらが発生する頻度に関する無知に起因しており、このことは多くの場合、リスクに対する合理的なアプローチをゆがめることになる。最も一般的な例は、胎内被ばくによる器官形成異常を誘発する危険が誇張される場合である。多くの場合、これらの影響は事実上確定的であり、診断手技の場合のように、胚の線量が低い限りそのような影響は生じないにもかかわらず、そのことはしばしば知られていない。このテーマ全体については *Publication 84* (ICRP, 2000) において詳細かつ分かりやすく取り上げられている。

(60) 放射線生物学の基本原則と電離放射線被ばくの影響を分かりやすく提示することで、放射線防護の最適化が論理的にも倫理的にも正しいことを訓練参加者に納得させるべきである。また、通常、電離放射線を利用して診断および IVR を行う場合に放射線防護原則を適切に適用すれば、それらの手技に起因する放射線リスクの有害な潜在的影響を相当程度上回る健康上の便益を提供できるという説得力のある証拠も提供すべきである。

### 3.2 医学生および医師向けの講座における訓練項目

(61) 医学教育の場合の難しさは、医師が日常診療のために知っておく必要がある情報がどのようなものか特定することにある。しかし、医学生の多くは、やがて医師となり、診療において X 線装置を使用し、放射線画像検査を依頼または放射線の安全性について患者からの質問に答えなければならない立場になるにもかかわらず、医学部の放射線防護課程は限定的

なものである。医学部における医用画像の応用に関する講座およびX線画像の読影訓練とあわせて放射線防護教育を実施することが可能であろう。

(62) 医学生を対象とした放射線防護教育プログラムで取り上げる項目のいくつかに関する有用な手引書としては、ICRP *Supporting Guidance 2* 「放射線とあなたの患者——臨床医のためのガイド」\* (ICRP, 2001) がある。 \* 翻訳中

(63) これらのプログラムの中核的な内容には以下の事項を含めるべきである（現場で求められる他の要件に加えて）：

- 電離放射線の特性（X線，ベータ粒子，電子）；
- 放射線量を定量化する方法および放射線諸量と単位；
- 放射線と生体構成物質との相互作用に関するメカニズム；
- 放射線影響の分類：確定的影響と確率的影響；
- がんのリスクと遺伝的影響の大きさ；
- 放射線診断学，CT，IVR，核医学，PET/CT，放射線治療における放射線の使用；
- 医療被ばく，職業被ばくおよび一般公衆の被ばくに適用される勧告と法規制要件；
- 診断およびIVRにおける患者とスタッフの防護原則と方法；
- 放射線手技の正当化原則，放射線防護の最適化および線量限度；
- 画像撮影によって受ける代表的な線量；
- 正当化プロセスにおけるリスクの適用；
- 最適化原則ならびに患者の被ばく管理における診断参考レベルの使用の重要性；
- 医療において実効線量が果たすしかるべき役割；
- 確定的影響を誘発しうる線量（IVR）；
- さまざまな画像手技によって得られる情報と，それに代わる手技の相対的有用性に関する情報；
- さまざまな検査の依頼基準に関する指針の取得方法；
- 放射線による診断検査の実施を，患者の臨床的な管理に影響を及ぼす場合だけに限定するという原則；
- 放射線治療，核医学，放射線診断およびIVRによるリスク；
- 放射線診断およびIVRにおいて小児と妊婦に特別な考慮が必要となる場合；
- 核医学（治療を含む），放射線診断およびIVRに関与する妊婦（患者またはスタッフとして）と胎児のリスク；
- 放射線治療を受けた患者または核医学検査かPET検査を受けた患者が，他の人を危険にさらす可能性がある場合；
- 医療被ばくの前後に放射線のリスクについて患者に助言を行うための知識と技能；
- よく尋ねられる質問と回答の例；

- 国内の法律および国際法，国際的ガイドライン，国際機関；
- 法的問題および訴訟。

### 3.3 さまざまな医療スタッフ分類に対して推奨される訓練

(64) 医師資格のあるスタッフ，その他の医療従事者の分類ごとに，推奨される訓練項目と訓練レベルをそれぞれ表3.1と表3.2にまとめている。これらの表は，欧州委員会のガイドライン（EC, 2000）のような既存のガイドラインに基づいて作成されている。課程の内容は拡大され，放射線被ばくのさまざまな面に関係しているスタッフを網羅して分類できるようさらに完全な形に展開されている。

(65) 医療従事者間の業務分担が国によって異なることは広く認められていることである。そのため，訓練条件は各人の役割に応じて変化し，教育と訓練量は，その必要性の評価と個々の訓練目的を特定することによって決定すべきである。表3.1と表3.2に挙げているグループはあくまで例示である。1人で複数の分類に属している場合もある。例えば，心臓核医学的検査を依頼し，評価するようなインターベンション心臓専門医は，分類3と5の要件を両方とも満たさなければならない。ただし，共通の要素があり，共通の要素については，一度訓練を受ければ足りることになる。

(66) 表に示した分野およびレベルは中核的な知識と見なすべきである。グループによっては，より詳細な追加訓練が必要とされる場合もあろう。直接関係するモダリティに固有の放射線防護を実際に適用する件は，「使用時の放射線防護」に組み入れるべきである。訓練プログラムには，放射線手技の実施時において偶発的または意図しない線量の被ばくが患者に生じた場合，あるいはなんらかの倫理上の問題が生じた場合に遵守すべき手順を組み入れるべきである。訓練課程の組み立てと教材の開発に有用なアプローチとしては，手技依頼者，操作担当者，手技施行者のそれぞれの役割に応じて，別々のモジュールを作成することが考えられる。

(67) 表に示した時間数は，訓練量の目安と見なすべきである。この時間数には，基本的な研修医プログラムや特別な訓練課程といった異なる教育期間，訓練期間における時間を合算してもよい。

(68) 医学物理士は，他の職員に放射線防護の最適化について助言し，訓練講義を実施する際に中心的役割を果たす存在であるため，物理学および品質保証プログラムに関するすべての側面に加え，全訓練分野について最高レベルの知識を有しているべきである。このグループは，放射線障害およびリスク，技術ならびに機器の開発動向，法律上の要件について最新の知識に遅れずに追隨していくため，自身の能力を維持する必要がある。彼らは，ここで挙げている他の分類よりさらに多くの訓練を必要としている。

(69) 訓練プログラム（理論および実務）の長さは，各国の医療従事者グループが放射線

物理学，放射線生物学，その他に関して，訓練前にそれぞれの程度の知識を持っているかによって変わってくる。訓練に必要とされる時間数を定めるための良い手段としては，具体的な教育目的を定めたガイドラインを使用する手法が挙げられる。訓練課程の構成要素は，目的が達成できるように適応させ，現実的な時間を決定すべきである。

(70) 手技に直接関与している職員を対象とした放射線防護訓練プログラムには，実地訓練と臨床現場での見学と説明を組み入れるべきである。最も簡素な訓練プログラムでも，少なくとも1時間から2時間の臨床施設における現場見学と説明を行うことを推奨する。また，より高度なコースの場合，予定している時間全体の20%から40%を実地訓練に充てるとよい。

(71) 医療被ばくに関わるさまざまなグループの訓練課程内容の例をいくつか付属書Aに挙げている。小児放射線学，マンモグラフィ・スクリーニング，CTに関与する放射線科医および放射線技師に対しては，これらの検査に係る放射線防護問題について具体的な訓練を実施する必要がある。小児放射線分野の従事者に対する訓練目的を付属書Bに示している。

### 3.4 参考文献

- EC, 2000. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg.
- ICRP, 2000. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. *Ann. ICRP* 30(1).
- ICRP, 2001. Radiation and your patient—a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. *Ann. ICRP* 31(4).





## 4. 訓練の機会および推奨される方法

(72) この章ではスタッフのカテゴリ分類別に訓練に関する勧告を行っている。それに続いて、各訓練課程における重点項目について検討し、通常は講義と訓練を実施すると考えられる人々に関する提言を行っている。放射線防護訓練の大半は、医学物理士その他の現場の実務家が行うが、放射線手技を行う医師や医療従事者自身も重要な役割を担っているであろう。訓練実施方法と訓練量というテーマを設定し、従事者それぞれのキャリア全体を通じた継続的な専門能力開発の一環として継続的な訓練実施の必要性があることを論じている。

### 4.1 訓練プログラム

(73) 訓練プログラムは、医療被ばくへの関与の程度の違い、医師および臨床スタッフの分類の違いに応じて考案する必要がある。

(74) 一般に、分類1と2(表3.1)、分類9と10(表3.2)の専門職は、放射線防護教育を受け、正式な試験制度により適格性を試験した上で学位を取得しなければならない。専門職能を実践し、他の職員に手技の実施方法を教える資格が認定される前に、(基本的な医師)教育に加えて、公式の放射線防護訓練を受講し認定によって専門職としての適格性を実証することが必要である。分類7においては通常、放射線防護教育と訓練は歯学部教育の一部として組み入れられており、歯科医療従事者(分類14)の訓練課程に組み入れてもよい。

(75) 分類3,4,5(表3.1)の医師とその他の分類12(表3.2)の医療従事者については、放射線を使用する手技に直接関与しているが、世界の多くの地域において教育と訓練がかなり不足しており、これを是正する必要があると委員会は認識している。委員会は、教育と訓練のレベルは放射線使用レベルに見合ったものとすべきであることを勧告する。放射線手技に関与しているが、直接患者の線量に影響を及ぼさないような医師、看護師その他の医療従事者(分類6と13)も、ある程度の放射線防護訓練が必要である。

(76) 分類8の各種専門家(放射線診療を依頼する医師)に対する放射線防護訓練の必要性はほとんど取り上げられてきていない。残念ながら、過去の放射線防護訓練は、医療スタッフの安全のみしか取り上げておらず、患者の安全の問題は無視されてきた。この分類に入る専門家は、患者の安全に直接的な影響を及ぼすため、彼らの訓練は重要である。正当化、最適化、線量限度についてICRPが定めている放射線防護原則において、依頼医は医学検査の正当化において果たすべき重要な役割を担っている。患者に対するある特定の放射線検査を依頼す

他の医療従事者は、それらの検査による被ばくについては、分類8の専門家に対する放射線防護訓練と同程度の訓練量が必要である。

(77) 同程度のレベルの医療が提供されていると見なされる先進諸国においても、実施されている放射線診療の回数には相当な違いがある。より先進的な手技が使用されていることもそうした違いの一因と考えられるが、それ以上に重要な要因となっているのは、検査依頼と被ばくの正当化についての管理レベルの違い、そして医療の提供と医療財政の仕組みの違いである。調査によると、放射線診療を依頼する医師の放射線防護の知識が比較的低いレベルにとどまっていることを示している。検査の依頼や実施について責任を負う者で、放射線量を記載するために使用する数量や単位、および普通の検査・手技で生じるリスクレベルに精通している者はほとんどいないことも明らかになっている。したがって、放射線防護の知識とその実践について依頼医に伝達することをこれまでも増して重視すべきであると委員会は勧告する。この勧告は、特に放射線専門分野以外の一般医および専門医にあてはまる。医師はすべて患者の放射線診療を依頼する可能性が高いため、委員会は、医師（分類8）を対象とした放射線防護基礎教育を医学部課程の一環として実施することを勧告する。委員会は、関連する医療スタッフおよび放射線防護スタッフの職業団体に対し、医療事業者と協力して協同で継続教育を進展させることも求めている。

(78) 現在すでに手技の依頼を行っている医師に対する知識の伝達はさらに対処が難しい。すべての医学生に伝達されている放射線防護とさまざまな手技に由来する放射線量に関する基本的情報に加え、国際的な放射線防護組織と職業団体は適切な教材を容易に利用できるようにし、また、学習機会を提供することにより、現在実務に携わっている依頼医に対してこの情報伝達が促進されることを推奨するものである。考えられる選択肢としては、例えば「検査依頼に関するガイドライン」にリンクさせた形での放射線防護に関する印刷物の配布、手技を依頼する医師を特に対象とした短時間のeラーニング・パッケージの普及、一般医とその他の専門医に向けて学術大会中の放射線防護に関する講義の開催が考えられる。

(79) 保守エンジニアおよび臨床応用技術専門家（分類11）は、現在なんらかの放射線防護訓練を受けているが、これは主にスタッフの放射線防護に重点を置いたものと考えられる；特に、デジタル式放射線装置ならびに新種の装置について、患者の放射線防護に関する訓練を拡張する必要がある。エンジニアを対象とした訓練では、画質と線量の最適化の原則と手順も重視すべきである。これを達成するためには、今後ある程度の国レベルの調整が必要となる。

(80) カイロプラクタ（分類15）は、X線撮影を依頼するための訓練を受ける必要があるが、被ばくを正当化し、自らX線装置を操作する場合、広範囲な理論訓練、実務訓練がさらに必要となる。したがって、このグループに割り当てられる時間枠は大きくなり、訓練量もそれに応じて調整する必要がある。

(81) 放射性核種検査室従事者（分類16）は、放射線被ばくのリスクが患者とスタッフ両

方に生じるのではなく、スタッフだけである点で、他の分類の従事者と混同すべきでない。放射線防護要件は、ある放射性核種を扱う作業は他の核種より放射線防護要件が軽減されることがあるので、教育と訓練の量はメリットに基づいて判断する必要がある。多くの場合、作業者モニタリングを行う必要はないと思われる。しかし、委員会は、検査室スタッフの訓練をスタッフそれぞれのニーズに応じて加減することを勧告する。フルタイムで放射性核種を取り扱って作業している検査室スタッフの場合は、訓練期間は長くなるであろうし、また、取り扱う放射性物質から発生している放射線の種類から考えて個人モニタリングが不要なため、個人モニタリングが免除されるかもしれないので、訓練期間は長くなるかもしれない。

(82) 規制当局のスタッフ（分類 17）は、放射線防護に関する高い専門性を有する上級医学物理士またはそれと同等の者であるべきであるが、場合によってはさらに追加訓練を必要とすることもあろう。

## 4.2 訓練の実施

(83) 病院における訓練の目的は、知識と技能を獲得することであり、これを達成するためのアプローチは数多くある。従来の訓練プログラムはカリキュラムベースの構造を利用している。医学以外のテーマで適用されている訓練方法と、医学的テーマというよりむしろ臨床的テーマで適用されている訓練方法の間には基本的な違いがある。医学以外の訓練、特に過去における医学以外の訓練は、多くの場合知識伝達をベースにしていたが、臨床訓練では、かねてから日々の問題を解決する技能を与えることに重点が置かれてきた。実際、医学以外の多くのテーマ分野でも、今日では訓練のほとんどが実践指向になっている。医療従事者を対象とした放射線防護訓練プログラムは、対象となる受講者が慣れ親しんだ訓練方式に合わせるべきである。講義は、重要な背景知識と実際的な状況に関する助言を取り上げるべきであり、また、その提示の仕方は、適切な背景の中で技能を伝えられるように臨床状況に合わせた提示をすべきである。実務訓練は、受講者が今後手技を実施すると思われる環境と同じような環境で実施すべきであり、臨床手技を実施するために必要な知識と技術を提供すべきである。実務訓練では、受講者が遭遇すると思われるあらゆる問題を取り上げるべきである。

(84) 放射線防護訓練は、複数の放射線医療専門職が1つのチームを作って実施し、それぞれが専門の知識を提供すべきである。主任トレーナーは、自分が関わっている手技における放射線防護の専門家であるべきである。これは通常、医学物理士であるが、診療放射線技師その他の専門職も重要な役割を有している。主任トレーナーは、放射線の使用における臨床実務、放射線の特性とその測定方法、放射線と組織との相互作用、放射線が招くおそれのある影響の種類、放射線防護の原則と理念、国内外のガイドラインに関する知識を有しているべきである。放射線防護は世界のほとんどすべての国で法律によって規定されているため、自国の法

律および個人と組織の責任を認識することは不可欠である。

(85) 放射線防護トレーナーは、多くの場合実用的な知識を欠き、そのため、非現実的な見地から理想化された状況を取り上げて話をする可能性がある。訓練を成功に導く一番重要な点は、トレーナーが訓練で取り上げなければならない業務の実際について明確な認識を持つことである。訓練では、従事者が日々の業務で行う可能性があることを取り上げるべきである。放射線防護のトレーナーの中には、放射線の各種の単位、放射線と物質との相互作用といった基本的テーマについて必要以上に深く取り上げ、さらには原子構造や原子放射線さえ取り上げたいという誘惑に抗し切れない人もいる。そのような基本的項目は、教育プログラムにとって不可欠ではあるが、目下の目的に合致する範囲で取り上げるべきである。トレーナーとして成功するためには、受講者に対する実用性の有無に従って情報を提示すべきであり、純粋に学術的な観点から過度に複雑な定義を組み入れるようなことはすべきでない。このことは、規制要件についても同様である。トレーナーは、規制要件を損なうことなく必要な情報を伝達するため、ユーザーが使っている表現で話すべきである。放射線防護トレーナーは、新しい臨床技術とテクノロジーに追随していくため絶えず最新の知識を習得することが重要である。病院における日常業務で放射線を使用し放射線量を患者に与えている放射線技師その他の医療従事者は、非常に病状の重い患者の対応における実務的な問題について知識を有している。彼らは、自分たちが取り扱う放射線装置に関する問題、数多くの患者に対応するための時間的制約、放射線測定装置および放射線防護ツールの欠如を理解しており、他のグループの訓練に貴重な貢献を行うことができる。分類1~8に対する訓練課程に、手技を担当する臨床医からの講義を組み入れることを強く推奨する。しかし、手技を担当する臨床医が必要な最新の理論的知識や規制に関連する知識を必ずしも有していない可能性があるため、彼らを支援するため、その講義の際、放射線防護トレーナーが参加し、提起された問題についてコメントしたり、議論したりすることが有用であろう。

### 4.3 訓練量

(86) 考慮すべきもう1つのポイントは、「どれくらいの訓練が必要か」ということである。ほとんどの人々と組織は、時間数を定めるという比較的簡単な方法に従っている。本報告書は、表3.1と表3.2で教育と訓練の時間数について一定の推奨値を示しているが、これを厳密に適用するというよりむしろ、単なるガイドラインと見なすべきである。これには、訓練の実施と訓練活動のモニタリング上の利点がある。訓練量についてあまりに柔軟性を認めすぎると、実行上の標準にばらつきを生むことが懸念されるため、過度の柔軟性を認めることは避けるべきである。

(87) 訓練量に関する課題は、受講者の事前の知識や評価方法と結び付けて考えるべきで

ある。訓練は、訓練の教育的目的、すなわち知識と技能を獲得するという目的を有していることに留意すべきである。多くのプログラムは、目的の達成度を評価することなく訓練を提供することに終始している。プログラムの中には、得られた知識を評価するため訓練前と訓練後に評価を行うものもあるが、実務的な技能の獲得状況を評価する訓練プログラムはそれよりもさらに数少ない。現代のオンライン試験法を使えば、結果を即座に判定することができる。訓練時間数を定めるよりも、むしろ知識と技能を評価するアンケートおよび試験システムを開発することを奨励するほうが当を得ている場合もあろう。国レベルあるいは職業団体による評価の枠組みを開発することは規格標準の一貫性の確保につながることから、こうした枠組みの開発を促進すべきである。放射線防護訓練については要件が多岐にわたることから、上記の各種組織によるオンライン評価システムの開発は価値のあることであろう。現在のところ、そのようなオンライン手法が主に大規模な試験を実施している組織から利用可能であることを、委員会は承知している。自宅で家庭用 PC またはインターネットが利用できるのであれば、どこであれ訓練受講者が快適な環境で試験が受けられるようにするために、自己評価試験システムを開発することを推奨するものである。委員会は、評価が重要な位置を占めるべきであると勧告する。

(88) 訓練量は、実施する放射線業務の種類、リスクのレベル、手技の実施頻度ならびに患者あるいはスタッフの過剰被ばくの発生確率を考慮に入れるべきである。たとえば、IVR では 2,3 グレイ程度の皮膚線量を患者が受ける可能性があり、また CT 検査による患者の線量は相対的に高く、したがって、それに応じて、放射線防護の必要性も大きくなる。CT のような手技を同じ患者に何回まで繰り返してもよいか特に考慮すべきである。ほとんどの画像手技で使用される放射線レベルは、ここに挙げた例より低い、これらの手技の実施回数をはるかに多いため、線量を最小限に抑えるよう常に配慮すべきである。また、放射線作業レベルの変化は、医療専門職（例えばスタッフの異動）や医療機関内（例えば新しいサービスの導入）でかなり急速に生じる場合があり、それにより、臨床医のキャリアのある時点で追加の放射線防護訓練が必要となる場合があるため、放射線作業レベルの変化に対する評価をすべきである。

(89) 心臓 IVR では、局所の高線量の放射線被ばくを伴い、それが患者に皮膚傷害を誘発する可能性がある。したがって、心臓病学における放射線利用量が IVR 手技における放射線利用量に匹敵するようになるにつれて、心臓 IVR における放射線影響、放射線物理学、放射線防護に関する訓練の水準は、IVR 手技の水準に匹敵させるようにすべきである。

## 4.4 継続的医学教育

(90) 放射線医学技術または放射線リスクに重要な変化が生じた場合、放射線防護訓練を更新すべきであり、また 36 か月を超えない間隔で、放射線防護訓練を更新すべきである。職

業団体は、これを促進するため、学術集会でそれぞれの専門分野における放射線防護に関する講義を積極的に組み入れることが奨励される。多くの医学部がカリキュラムや継続教育にコンピュータベースのツールを使用していることから、放射線生物学および医療における放射線被ばくの継続教育に同じアプローチを用いることも合理的であると考えられる。医療に関連したオンライン学習の研究によると、この環境に見合った教材を設計する際には、ユーザーからの要求、開発した組織によるサポートの提供状況、状況の変化に対する適応性など、考慮すべきいくつかの鍵となる要因が存在する。

## 5. 訓練認定証

(91) この章では、訓練を行う組織の認証に関する勧告および個人の認定証に関する助言を行っている。これには最低要件と課程の講師に必要な経験に関する情報も示している。訓練を受講者の責任レベルに合致させるため、参加者からフィードバックを得ることの重要性を強調している。訓練から得られる知識を評価する必要性についても考察しており、使用できる試験例を示している。適切な訓練プログラムが導入されるように、大学と専門学会は訓練組織の中で協力し、訓練課程の認証に共同で取り組むことが推奨される。規制当局は、法規制施行面において訓練への参加を促す役割を負っている。国際機関は、放射線防護課程の使用に適した訓練教材を提供することができる。放射線医療機器メーカーは、新しい画像システムの効果的な使用について訓練を提供する上で重要な役割を果たせる好位置にいる。

### 5.1 用 語

(92) 医療被ばくに関与する医療専門職とその他の医療従事者は、正規の公認された訓練課程を受講する必要がある。訓練のある側面、特に実務面については、地元の医療機関が提供することも考えられる。また受けた訓練はすべて、正式に記録に残すべきである。正規の訓練課程では、訓練受講者に対し認定証を発行する必要がある。

(93) 本報告書の文脈では、「認証」と「認定証」は、以下のように理解すべきである。

(94) 「認証」とは、ある組織が医療において放射線を使用した診断手技または IVR の使用の放射線防護面に関する訓練を医療専門職に対して提供することを、許認可機関から承認されていることを意味する。認証された組織は、許認可機関によってその訓練のために定めた基準を満たすことが求められている。

(95) 「認定証」とは、個々の医療専門職または臨床専門職が、当該人が行う診断手技または IVR の放射線防護側面について、認証された組織が提供する訓練を修了したことを意味する。当該人は、認証された組織が求める方法に従って、当該手技について適格な能力を有することを実証しなければならない。

(96) 認証された組織が満たさなければならない規格と有資格証明を受けた個人が適格な能力を有することを実証する方法は、医療専門職および臨床専門職の種類、医用画像モダリティ、訓練方法、国によって異なる。本報告書は、(認証) 基準および (認定証のために) 適格な能力を有することを実証する方法を述べることを意図したものではなく、要件の指針を示す

ことを意図している。認証を与える組織には国の承認が必要であり、放射線科医、医学物理士、放射線技師、医師を代表する職業団体のような主要な当事者団体の代表が参加すべきである。

## 5.2 放射線防護訓練を提供する組織の認証基準

### 5.2.1 最低要件

(97) 訓練プログラム認証の最低限の要件としては、関係するすべての面を考慮すべきである。これには、十分な管理上の支援；文書ファイル類、修了証書その他の記録を最低限の年限にわたって保管することの保証；十分な学習支援（教室、視聴覚機器、その他）；授業テーマについて適格性を有し、病院における医学物理士の経験を有する講師陣；実務演習のための計器類；実務訓練に使用する臨床施設の確保、を含むべきである。実務訓練は、検査室やコンピュータによる模擬演習ではなく医療施設で提供すべきである。

### 5.2.2 講師が有すべき経験

(98) 訓練課程の講師は放射線防護に関する力量を有しているべきであり、これは、専門職の有資格証明、国家による登録またはそれと同等の専門職認定システムによって実証されるのが最善な形である。講師陣は、医療施設における放射線防護ならびに臨床環境における実務経験も有していなければならない。多くの場合、医学物理士がその中心となるが、専門知識を有する放射線科医、放射線技師および手技に関する専門知識を有する他の臨床医のような他のグループを含んでもよい。これらの活動に参加するトレーナーは、現場の要件を満たし、訓練活動に関与する医療専門職が行う手技の放射線防護側面について十分な知識を有することを実証して見せるべきである。（例えば、心臓専門医に放射線防護の訓練を実施するためには、トレーナーは心臓検査室における放射線防護の諸側面について過去に実務経験を有していることを明確に示すべきである）。この経験は、観察から得られる場合もあれば、医療スタッフに協力して放射線量の点から手技を最適化することを通じて得られる場合もあるが、国や地域によっては、なんらかの活動を行う組織が「トレーナーに訓練を施す」ことを求めている場合もある。放射線防護訓練課程で医療スタッフによって行われる講義に出席したり、訓練課程における議論に参加したりすることも、トレーナーが手技と実務についての知識を養う上で役に立つ要素となりうる。

### 5.2.3 受講者からのフィードバック

(99) 訓練を実施している組織の認証を維持するフォローアップの一環として、訓練課程終了後または訓練活動終了後に受講者の感想を調査し、結果を分析すべきである。これらの調



査は、教育内容、方法、訓練教材、実務、訓練期間、特定訓練項目の訓練における講師の妥当性のような諸側面を含むべきである。

### 5.3 訓練修了を確認するための評価

(100) 放射線防護に関する訓練活動後、受講者が訓練プログラムから得た知識に関する評価を実施すべきである。これは、受講者に対する訓練受講認定証（規制当局または保健当局によって義務づけられている国がある）の授与を可能とし、講義および訓練プログラムの品質と妥当性を確認し、改善することにつながる（訓練活動の監査）。訓練機関によっては、このような監査は、品質マネジメントシステムにすでに含まれて、日常的に行われているところもある。

(101) いくつかの評価方法が考えられる。多項選択式の質問という簡単な試験により、受講者の知識を評価し、訓練プログラムが持っている可能性のある弱点を特定するため主要な事項について点数付けを行ってもよいであろう。この方法は、30分から60分程度で済み、一般的なコンピュータソフトウェアで結果を簡単に処理することができる。筆記試験のようなその他の古典的な評価方法、面接、質問群に答える自動コンピュータ評価、訓練プログラム実行時における継続的評価などの方法も考えられる。

(102) 国によっては、放射線防護訓練プログラムの認証システムが、国レベル、地域レベルで確立されているところもある。このプロセスは、規制当局または保健当局によって、教育機関（大学）、学会、職業団体の支援を得て、あるいは教育機関または職業団体自身によって行われる場合もある。認証された団体の登録簿も作成すべきである。

(103) 表 3.1 の分類 1～5 および 7、表 3.2 の分類 9～12 および 14～16 に該当する者についても、適格な能力と実務技能の評価が必要となるであろう。

#### 5.3.1 修了証書

(104) 放射線防護訓練プログラムの受講者に与えられる修了証書または認定証の中には基本事項の詳細を記載すべきである。これには、訓練実施機関、認証された訓練時間数、認証プロセス（試験またはその他の評価方法）、訓練日、訓練プログラムに対して責任を負う学術スタッフメンバーの名前を含めるべきである。

(105) 時の経過とともに放射線防護に関する知識は進化し、利用される放射線技術は発達し、変化し、拡大していく。したがって、放射線防護訓練の受講認定証には有効期限を付けるべきであり、更新には定期的な再訓練活動および継続的な能力開発プログラムを受講することをスタッフに義務づけるべきである。

## 5.4 放射線防護訓練におけるさまざまな組織の役割

### 5.4.1 大学、訓練機関および学会

(106) 大学、訓練機関、学会はすべて、医療被ばくに関する放射線防護訓練活動の促進、実施、認証において果たすべき重要な役割を有しているといえる。これらの組織は、そのような訓練課程やセミナーに最適な講師を選抜するために必要な学術知識、経験、社会基盤、能力を有している。関連する医学会、放射線医学会、画像診断学会、核医学会、医学物理学会の関与は、さまざまな臨床医を訓練プログラムに引きつける上で主要な原動力となる組織である。これらの学会は、学会開催中に参加者に大きな影響力を及ぼすような放射線防護に関する再教育講習を組み入れる能力も有している。放射線医学、核医学、インターベンション心臓病学、血管外科その他の関連する専門分野の学会は、主要な学会開催時に放射線防護の再教育講習を提供し、奨励すべきである。

### 5.4.2 規制当局および保健当局

(107) 規制当局および保健当局は、医療被ばくに関係する人々に対していくつかのレベルの放射線防護訓練を実施し、認定証を発行する権限、ある専門職グループについて定期的な更新が必要かどうかを判断する権限を有している。規制当局および保健当局はこれらの訓練プログラムに資源を投入し、訓練教材の作成を促進し、調整を行い、場合によっては認定証を交付された専門職の登録簿を保持する法的能力も有している。

### 5.4.3 国際機関

(108) いくつかの国際的組織 [例えば ICRP、国際原子力機関 (IAEA)、世界保健機構 (WHO)、欧州委員会 (EC)、その他] は、専門職グループごとに認められた訓練内容 (教育固有の目的を含めた) と時間数、認証基準と認定基準について勧告を行うことができる。これらの組織は、訓練教材の作成や教材準備の調整もでき、ウェブサイトを通じてその教材を提供することもできる。

### 5.4.4 放射線医療機器産業

(109) 放射線医療機器産業は、新しい技術に対する放射線防護訓練で果たすべき重要な役割を有している。この分野の産業は、新たな X 線装置または画像装置の導入と並行して、患者の放射線防護の向上を促進し、新たな撮影モダリティが適切に使用されない場合の患者の線量への影響について操作者に警告するための訓練教材を提供すべきである。

#### 5.4.5 訓練組織および訓練に対する運営資金充当

(110) 医療専門職に対して放射線防護訓練の受講認定証の取得を求める際に規制当局と保健当局が考慮しなければならない重大な問題は、訓練プログラムの実施に利用できる基盤ならびに財政上の要件である。

(111) 国や地域によっては、トレーナーを訓練するためのパイロットコース（モデル課程）の設定、また訓練教材の提供を通じた国際的な協力（例えばIAEA, WHO, 汎アメリカ保健機構, EC その他の国際組織）が、活動を開始する上で有効であろう。その後、大学、研究センター、学術団体、（例えば医学物理学, 放射線医学, 核医学, 心臓病学などの）職業団体の協力を得てこの放射線防護訓練を拡充することも可能であろう。

(112) 心臓 IVR などのように手技を行う上で放射線防護に関する訓練認定証が必要とされる場合、専門家は、特定の医療センターでその専門分野の診療に関与する前に、認定証を取得すべきである。国によっては、この要件が、既にその分野で専門職が働いている時点で導入されるが、その場合、各医療事業者は自組織の専門家に放射線防護訓練を実施するための方策を講じることが必要となろう。



## 付属書 A. 訓練課程内容の推奨例

### A.1 核医学 [分類 2 (表 3.1) と 10 (表 3.2)]

(A 1) 診断目的で患者に放射性医薬品を投与する際の放射線防護最適化の訓練と教育について、以下のテーマを組み入れるべきである。

- リスクを便益が上回ることを確実にするための被ばくの正当化。前記の条件を満たす適切な適応症であることの科学的根拠と臨床経験に基づいて決定を下すべきである。既存の指針としては EC が作成した「放射線医学手技に対する適応症群」(EC, 2000b) がその好例である。訓練では、患者を電離放射線に被ばくさせないような他の画像診断法が使用できる可能性のあるケースがどの程度の割合で存在するかについても情報を提供すべきである。
- 診断参考レベルを考慮した、特定の診断手技に使用される放射性医薬品の放射能。
- 臨床上、適応症かどうかの見地からの放射性医薬品の選択。
- 種々の放射性医薬品検査ごとの臓器線量と実効線量および年齢の影響 (mSv/MBq)。
- 年齢に比例したリスクの大きさ。
- 臓器線量または組織線量および実効線量の大きさの見地からの放射性医薬品の選択。
- 経済的観点と放射性医薬品の供給状況 (物流) の観点からの放射性医薬品の選択。
- 妊娠した患者の特定に関する具体的な条件と妊娠時に課される核医学診断に対する制限。
- 体重や年齢 (幼児, 小児, 未成年者) に応じた投与する放射能の変更。
- 腫瘍診断手技で投与される放射能の量に対する規制を緩和できる可能性。
- 被ばくを低減するための放射性医薬品体外排出の促進。
- 母体に対する核医学診断手技における胎児に対する特別な保護、いくつかの手技に対する適応症ならびに禁忌。
- 授乳している女性に対する核医学診断法；放射性医薬品および投与された放射能に応じた授乳の一時的または完全な中止。
- 線量較正器の原理、日常的な品質保証および実際の使用に関する理解。
- 放射性医薬品の静脈内投与、経口投与、吸入投与に関する原理および実技の理解。
- 誤投与後取るべき措置。
- 失禁の患者に対する対処手順。
- 放射性医薬品の投与を伴う医学研究のボランティアの被ばく——正当化、条件および要件

(倫理的, 法的)。

- 放射線防護最適化における品質マネジメントおよび管理の役割。
- 承認された手技の遵守要件。
- 監査の目的と範囲——内部監査, 外部監査
- 診断手技後に核医学病棟を離れる患者に対する勧告 (事例は非常に限られる)。

#### A.1.1 治療目的の核医学手技に対する追加的な放射線防護要素

(A2) 核医学専門医は, 通常は放射線治療の放射線防護課程に出席しないため, これが必要である。

- 放射性医薬品で治療を受けている患者および放射性医薬品を調製・投与する従事者の保護。
- 適応症と承認された手技の遵守。研究においては, 倫理委員会による承認。
- 妊娠している患者に投与した場合または放射性核種を用いた治療後数週のうちに患者が妊娠した場合の臨床影響。
- 放射性核種を用いた治療後, 女性が受胎を避けるべき期間。
- 妊娠中の母体に対する RI 内用療法による治療——ジレンマと制限 (除外)。
- 治療用量の放射性医薬品を投与されている入院患者の管理のための安全対策。
- 放射性医薬品による治療後, 核医学病棟を去る患者に対する指示 (特に甲状腺がんと甲状腺機能亢進の治療のために  $^{131}\text{I}$  ヨウ化物を投与された患者)。

#### A.1.2 核医学分野従事者の保護

- 非密封線源を扱う場合の一般原則。
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$  の高い放射能で配位子を標識する際の, 放射性医薬品薬剤師の手(指)に対する特別な保護。
- 診断目的のために患者に注射している間の指に対する線量モニタリングおよび防護。
- 治療用放射性核種 (高エネルギーのベータ放射体) を取り扱うことによる高線量の潜在的リスク。
- アルファ線放出放射性核種を取り扱う場合のリスク (実施される所)。
- 高放射能の $^{131}\text{I}$  を取り扱う場合の従事者のモニタリング。
- 管理区域における活動から妊娠中の従事者を除外する理由。

#### A.1.3 PET/CT 装置を扱う従事者の放射線防護

(A3) 全体的な訓練目的は, PET/CT 技術, 操作原理, 施設の安全設計, スタッフおよび患者に対する線量測定, この手技の使用に関する放射線防護に関して考慮すべき事項に精通することである。

- サイクロトロン、PET スキャナ、CT スキャナ、2つの技術の PET/CT への統合などの基本的な PET/CT 技術。
- PET/CT の医療被ばくに関する国レベル、国際レベルの要件：責任、訓練、正当化、放射線防護の最適化、診断参考レベル、線量計算。
- 患者の観点からの PET/CT 手技。これには患者の準備、放射性医薬品の投与、画像撮影、患者の退院を含む。
- 患者の線量。特に小児患者、女性患者に影響を及ぼす因子。
- 遮蔽やレイアウト問題を含め、新たな PET/CT やサイクロトロン施設を設計する際にスタッフおよび公衆が被ばくする線量を最小限に抑えるために考慮される因子。
- サイクロトロン施設、PET/CT 施設における遮蔽から取り扱い装置、個人保護具に至る、スタッフ線量低減のための防護設備（およびその有効性）。
- 個人モニタリングおよび職場モニタリング。モニタ装置のタイプ、どこで・誰を・いつモニタすべきか、および汚染除去手順。
- PET/CT から受けるスタッフの線量、放射線防護の基本原則を使ってスタッフの線量を最小限に抑える方法。これには、妊娠したスタッフ、病棟への訪問者、患者の友人や親類も含まれる。
- PET/CT 施設のさまざまな側面：放射性核種の輸送、線源の数の管理、線源の安全性、施設の廃棄物管理。
- 放射線防護プログラムの組織化、安全／リスクアセスメント、区域の指定、手順書、PET/CT 装置および生産施設の安全な操業を確保する現場の規則、緊急対応手順。
- 放射性医薬品の生産ならびに各 PET および CT スキャナおよびそれらを組み合わせた使用時における放射線防護最適化において必要な品質管理。

## A.2 IVR [分類 1 (表 3.1)]

(a 4) IVR の業務に従事する人々は、以下の項目の実施に関する知識を有しているべきである (EC 資料から改作, 2000a)。

### A.2.1 IVR 用 X 線装置

- 従来の X 線ビームに追加された高性能ろ過装置 (例えば銅製フィルタ) の影響について説明できる。
- バーチャルコリメーションとウェッジフィルタの重要性について説明できる。
- 連続 X 線放射モードとパルス X 線放射モードの動作について説明できる。
- パルスビームを使用する場合のグリッド制御 X 線管の長所について説明できる。

- ロードマッピング概念について説明できる。
- 画質の点から時間積分およびその利点について説明できる。
- イメージ増倍管から患者までの距離を変動させた場合の線量率の変化を分析できる。

### A.2.2 IVR に固有の線量諸量

- 面積線量 (DAP) (またはカーマ面積線量) とその単位を定義できる。
- X線透視法における入射線量と入射線量率を定義できる。
- 累積空気カーマと入射線量に対する累積空気カーマの関係を理解できる。
- 入射表面線量と DAP 間の相関関係について考察できる。
- DAP と実効線量の関係を考察できる。
- 患者への入射側線量と射出側での線量ならびにイメージ増倍管入射表面での線量の相互関係を比較できる。

### A.2.3 IVR における放射線リスク

- IVR で観察される可能性のある確定的影響を記述できる。
- 患者が被ばくする表面線量に対応した確定的影響誘発リスクを分析できる。
- IVR におけるこれらの影響の確率を認識できる。
- 眼の水晶体の被ばく線量と確定的影響の関係を分析できる。
- 照射からさまざまな確定的影響の発生までにかかる時間、その間に必要とされるフォローアップおよび患者の管理について認識できる。
- IVR における確率的リスクとそれらリスクの年齢依存性を分析できる。

### A.2.4 IVR におけるスタッフの放射線防護

- IVR 検査室スタッフの被ばく線量に影響を及ぼす最も重要な要因について意見を述べることができる。
- 職業被ばく線量に対する X線 C アーム位置決めの影響を分析できる。
- さまざまな X線透視モードを使用した場合の職業被ばく線量に対する影響を分析できる。
- 個人防護装備 (例えば鉛入りエプロン, 甲状腺防護カラー, 鉛ガラス, 手袋など) を使用することによる効果を分析できる。
- 天井懸架式多関節スクリーンの利点と欠点を分析できる。
- 鉛入りゴム覆いを使って脚を保護する便益を理解できる。
- 個人線量計を適切な場所に装着する重要性を理解できる。



### A.2.5 IVRにおける患者の放射線防護

- ある手技における X 線透視時間と手技中の撮影画像数および患者が被ばくする線量の間の相関関係を分析できる。
- 異なる X 線透視モードを使用した場合の患者の被ばく線量に対する影響を分析できる。
- 焦点皮膚間距離と患者-イメージ増倍管入射面間の距離の影響について考察できる。
- デジタルデータ取得またはシネ造影画像のフレームレートを変更することによって達成可能な線量低減を分析できる。
- 異なる手技における画像 1 枚あたりの患者入射線量の代表例を示すことができる。
- 異なる分解能を使用した場合の患者線量に対する影響を分析できる。
- 被ばく線量の観点から（またはその線量に関するデータを参照して）患者の履歴に記録すべきパラメータについて討論できる。

### A.2.6 IVRの品質保証

- 通常は時間とともに低下しないような設備の性能パラメータおよび定期的な管理を必要とする設備の性能パラメータの違いについて討論できる。
- 画質をどのように評価することができるかについて理解できる。
- さまざまな状況における患者線量またはイメージ増倍管入射線量を比較するための単純な基準を確立することの重要性について討論できる。
- 品質保証プログラムにおける患者線量の定期的な管理の重要性と、IVR 手技の複雑さを考慮して診断参考レベルと患者線量を比較することの重要性に注意を払うことができる（この場合、診断参考レベルは、「診断」の厳格な意味で使われておらず、IVR 手技の撮像部分に由来する患者の線量に対して使用されている）。
- IVR についての国内規則と国際規則。
- IVR 施設において適用される国レベルの法規制について討論できる。
- IVR に関する国際勧告について説明できる（WHO, IAEA, ICRP, EC 等）。
- 高線量モードの制限に関する国際勧告に関する情報を提供できる。

### A.2.7 IVRの放射線量に関する手技の最適化

- 造影剤を使った場合の画像コントラストと患者線量に対する管電圧値 kVp および管電流値 mA の影響を理解できる。
- 放射線撮影装置に装備されている各種機能を理解できる。
- IVR における放射線防護の最適化に関する重要性に注意を払うことができる。
- 地域レベル、国レベル、国際レベルにおける、IVR 手技の複雑さを考慮した診断参考レベルの重要性を患者の線量の観点から討論できる。

- 各々のセッションで定期的な患者線量を管理することの重要性を分析できる。
- 確定的影響のしきい値に到達する可能性のある長時間の手技では、Cアーム方向を変化させる可能性について討論できる。
- すべての患者に対して照射線量を記録することの重要性を分析できる。

### A.3 心臓 IVR [分類 3 (表 3.1)]

(A 5) 心臓 IVR の業務に従事する人々は、以下の知識を有しているべきである。

#### A.3.1 心臓 IVR に関する X 線装置

- 従来の X 線ビームに追加された高性能ろ過器（例えば銅製フィルタ）の影響を説明できる。
- バーチャルコリメーションについて説明できる。
- 連続 X 線放射モードとパルス X 線放射モードの動作について説明できる。
- イメージ増倍管から患者までの距離を変えた場合の線量率の変動を分析できる。

#### A.3.2 心臓 IVR に固有の線量諸量

- 面積線量 (DAP) (またはカーマ面積線量) とその単位を定義できる。
- X 線透視における入射線量と入射線量率を定義できる。
- 累積空気カーマおよび入射線量に対する累積空気カーマの関係を理解できる。
- 入射表面線量と DAP 間の相関関係について討論できる。
- DAP と実効線量の関係を討論できる。

#### A.3.3 心臓 IVR における放射線リスク

- 心臓 IVR で観察される可能性のある確定的影響を記述できる。
- 患者が被ばくする表面線量に対応した確定的影響誘発リスクを分析できる。
- IVR におけるこれらの影響の確率を認識できる。
- 眼の水晶体における被ばく線量と確定的影響の関係を分析できる。
- 照射からさまざまな確定的影響の発生までにかかる時間、その間に必要とされるフォローアップおよび患者の管理について認識できる。
- IVR における確率的リスクとそれらリスクの年齢依存性を分析できる。

#### A.3.4 心臓 IVR スタッフに対する放射線防護

- 心臓 IVR 検査室スタッフの被ばく線量に影響を及ぼす最も重要な要因について意見を述べることができる。

- 職業被ばく線量に対する X 線 C アーム位置決めの影響を分析できる。
- さまざまな X 線透視モードを使用した場合の職業被ばく線量に対する影響を分析できる。
- 个人防护 (例えば鉛入りエプロン, 甲状腺防護カラー, 鉛ガラス, 手袋, その他) を使用することによる効果を分析できる。
- 天井懸架式多関節スクリーンを使う利点と欠点を分析できる。
- 鉛入りゴム覆いを使って脚を保護する便益を理解できる。
- 個人線量計を適切な場所に装着することの重要性を理解できる。

### A.3.5 心臓 IVR における患者の放射線防護

- 1 つの手技における X 線透視時間と撮影画像数, 患者の被ばく線量との相関関係を分析できる。
- 使用する X 線透視モードの違いによる患者の線量に対する影響を分析できる。
- 焦点皮膚間距離と患者-イメージ増倍管入射面間距離の影響について討論できる。
- デジタル画像取得あるいはシネ画像におけるフレームレートを変更することによって達成可能な線量低減を分析できる。
- さまざまな手技における画像 1 枚あたりの患者入射線量の代表例を提示できる。
- 拡大率を変化させた場合の患者線量に対する影響を分析できる。

### A.3.6 心臓 IVR の品質保証

- 通常は時間が経過しても低下しない設備性能パラメータと定期的な管理を必要とする設備性能パラメータの違いについて討論できる。
- 画質をどのように評価することができるかについて理解できる。
- 品質保証プログラムにおける患者線量の定期的な管理の重要性と, IVR 手技の複雑さを考慮して診断参考レベルと患者線量を比較する重要性に注意を払うことができる (この場合, 診断参考レベルは, 「診断」の厳格な意味で使われておらず, IVR 手技の画像撮影部分に由来する患者の線量に対して使用されている)。
- IVR 施設において適用される国レベルの法規制について討論できる。
- 高線量モードの制限に関する国際勧告に関する情報を提供できる。

### A.3.7 心臓 IVR における放射線量に関する手技の最適化

- 心臓治療用機器に装備されている各種の機能と, それによる患者線量と画質への影響を理解できる。
- 心臓 IVR における放射線防護の最適化の重要性について注意を払うことができる。
- 地域レベル, 国レベル, 国際レベルにおける IVR 手技の複雑さを考慮した診断参考レベル

の重要性を患者の線量の観点から討論できる。

- 確定的影響しきい値に到達する可能性のある長時間の手技では、Cアーム方向を変化させる可能性について討論できる。
- すべての患者の照射線量を記録することの重要性に注意を払うことができる。

#### A.4 移動機器を使用した手術室での X 線透視 [分類 4(表 3.1)と 12(表 3.2)]

(A 6) 移動式 X 線透視装置にかかわる要員は、以下のことを行える知識を有するべきである。手技を補助する人々 (分類 6 と 13) に推奨される項目は、\*印でマークした。

##### A.4.1 X 線装置

- 連続 X 線放射モードとパルス X 線放射モードの動作について説明できる。
- 患者と X 線管間距離および X 線管と受像器間距離を変動させた場合の線量率の変化を分析できる。
- DAP, 入射線量, 入射線量率およびそれぞれの単位を定義できる。
- DAP および実効線量の関係を討論できる。
- 移動式 X 線透視の確率論的リスクを理解できる。

##### A.4.2 医療スタッフの放射線防護

- X 線 C アーム位置による職業被ばく線量への影響とさまざまな C アーム方向を使用することの意味合いを分析できる。\*
- 個人防護具使用の効果を理解できる (例えば鉛入りエプロン, 手袋, 眼鏡, 甲状腺保護具等)。\*
- 個人線量計を適切な位置に装着することの重要性を理解できる。\*

##### A.4.3 患者の放射線防護

- 1つの手技における X 線透視時間, 撮影画像数, 患者の被ばく線量の相関関係を分析できる。\*
- 使用する X 線透視モードの違いによる患者の線量に対する影響を分析できる。\*
- X 線管から皮膚までの距離が患者の皮膚線量に及ぼす影響を理解できる。\*
- 被ばく線量の観点から患者履歴で記録すべきパラメータについて討論できる。
- 局所レベルにおける患者線量に関連した診断参考レベルの重要性について討論できる。

## A.5 参考文献

- EC, 2000a. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/116.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf) (last accessed 01/03/2011).
- EC, 2000b. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf) (last accessed 01/03/2011).



## 付属書 B. 小児放射線固有の教育目的の概要

(B7) 小児放射線学では、患者体形の変動幅が大きいこと、画質と患者線量に関する要因がさらに複雑になる。また、小児患者の組織は放射線感受性が高いことから、それらの要因はさらに重要なものとなる。そのため、ここでは放射線防護の訓練課程立案者にとって、取り上げるべき項目を思い起こせるようにより詳しい内容を列挙している。

### B.1 全般事項、装置および設備に関する考慮事項

- X線発生装置の出力に関する要件と被ばく時間を短くする必要性（3 ms）との関係を正当化できる。
- 小児における照射の正確さと再現性の観点から見た高周波 X線発生器の利便性を説明できる。
- 小児科における自動照射制御装置の長所と限界について討論できる。
- 小児科における自動照射制御装置固有の技術要件を正当化できる。
- 手動によって慎重に被ばく係数を選択することにより通常は線量を低く抑えることができる、ということを説明できる。
- 小児の協力を得やすくするために小児科 X線室の設計面で考慮すべき点について説明できる（患者を見やすく、接触しやすくするようなコントロールパネルなど）。
- 高速増感紙フィルム系の長所と限界、およびコンピュータ X線撮影における被ばく低減要因について討論できる。
- カセット、テーブルなどで低吸収材料を使うことの長所について討論できる。
- 小児科で散乱 X線除去用グリッドを使っても画質の改善は限定され、患者の被ばく線量が増加することを分析できる。
- 小児科で散乱 X線除去用グリッドを使用する場合の固有の技術要件を分析できる。
- 小児用機器（特に X線透視装置）で散乱 X線除去用グリッドをどのように取り外し可能とすべきかについて説明できる。
- X線透視装置で患者線量を低減するため換算係数が高いイメージ増倍管を使用することの便益について説明できる。
- 小児科で使用される X線透視装置で自動輝度制御に kV-mA 線量率曲線を使用することを正当化できる。

- 小児科の CT 検査では、固有の X 線撮影技術パラメータを使用することの重要性について討論できる（管電流値 mA は成人の場合より低く、管電圧値 kV も場合によって低くできる）。
- 小児科で移動式 X 線装置を使用することに伴う特別な問題を分析できる。
- 小児科においてアンダーチューブとオーバーチューブ X 線透視装置を使用することの長所と短所を説明できる。
- パルス X 線透視の長所と役割について討論できる。
- 通常の画像装置とデジタル画像装置を比較し、デジタル画像処理におけるフレーム・グラブ手法の役割／活用法を比較できる。
- 透視においてシネ再生（デジタル）とビデオ再生（デジタル／従来型 X 線透視）の有用性について討論できる。
- 追加 X 線管ろ過の役割について討論できる。

## B.2 被ばく低減

- 小児科での再撮影となる原因の中の最多原因を分析できる——画像の不合格分析、監査およびフィードバック。
- 患者の固定による再撮影率の低減化について討論できる。
- 使用に際して傷つかないように小児放射線科用に開発されたさまざまな固定装置について分析できる。接着テープ、スポンジウェッジ、サンドバッグなどの簡単な補助物の役割。
- 短時間の照射がいかに画質を改善することができるか、かつ再撮影を減らすことができるかについて説明できる。
- 小児科では移動式 X 線装置を使うことが不便であること、および照射時間を短くすることが困難であることを説明できる。
- 小児放射線科特有の X 線撮影訓練を X 線技師に受けさせることの重要性を説明できる。
- 小児放射線科における性腺保護の重要性と、保護具の寸法および種類を多様化することの価値について討論できる。
- 小児患者に対するコリメーション（フィルムサイズに対応した基本的なコリメーションだけでなく）の重要性、特に脊柱側彎症経過観察においては腰部に対するウインドウ保護と側面コリメーション器具の重要性を分析できる。
- 正しい患者位置決めとコリメーションの重要性、特に性腺を直射ビームから外すことの重要性について討論できる。
- 腹部検査の実施を検討する際、青春期の女子の妊娠有無を確認することの重要性について討論できる。
- 小児の場合、動きが大きな問題になること、および撮影手技の個別の調整が必要になる場合



があることについて討論できる。

- 検査を依頼する医師と放射線科医の間に適切な協議関係が存在すること、同意されたプロトコルと診断経路の役割の重要性について討論できる。
- 小児において実施する価値が疑わしい放射線検査の例（例えば、軽度の肺炎の経過観察のための胸部 X 線撮影、便秘が疑われる場合の腹部 X 線撮影など）について討論できる。
- 小児科の放射線医学検査を繰り返し行う場合、必ず放射線科医が実施要否を決定すべきであることを説明できる。
- リスクの大きい組織の線量を極小化するために適切な照射方向を使うことの便益について討論できる（脊髄検査において可能な場合、前後方向撮影の代わりに後前方向撮影を行う）。
- 追加フィルタを用意しておき、簡単に変更できるようにしておくことの便益について討論できる（1 mm 厚 Al, 0.1 および 0.2 mm 厚 Cu を用意しておくべきである）。
- 小児科専用の検査室もしくは小児科 X 線撮影をすべて行えるようにする部屋を別個に設けることの価値について討論できる。安全で子どもに優しい環境の中で子どもの信頼と協力を得ることができる経験豊かなスタッフの存在は、小児科の放射線量を減らす上で最も重要なこととなる。
- 具体的な検査依頼基準、例えば発生率が低い頭部外傷のような場合の検査依頼基準を整備することの重要性について討論できる。
- 子どもを対象とするすべての X 線検査の依頼基準、特に年齢との関連性があると思われる依頼基準（例えば、6 歳未満の硬化していない舟状骨、3 歳未満の鼻骨が軟骨状である場合）について討論できる。
- 高電圧（kV）手技について討論できる。
- 焦点-患者間距離を長くすることの価値を説明できる。
- オーバーチューブ X 線透視時に照射しながら透視像を写すのではなく、光ビーム格子を使って患者を所定の位置に動かすことの重要性を説明できる。
- 患者の体形に合うように CT の照射パラメータを調整し、これらの係数の設定について合意された方法を定める必要性について討論できる。
- 小児科 CT で低い管電流値 mAs および管電圧値 kV を使って撮像することによる影響を理解できる。
- 画質と線量を維持または改善する上で監査と品質保証が果たす役割について討論できる。

### B.3 リスク要因

- 小児の平均余命が長いということは、放射線による有害影響発現の可能性がそれだけ大きいことを意味するという事実について討論できる。

- 一般に幼児の検査に使用する放射線量を成人に使用する線量よりも少なくすべきであることを考慮できる。
- 子どもにおけるがん誘発のリスク要因が成人の場合より 2~3 倍高いことを、特に発育途上の乳房と性腺、発育途上の骨格では赤色骨髄がより広範に分布することに重点を置いて説明できる。
- 子どもにおける遺伝子影響のリスク要因について討論できる。
- 先天的な異常の自然発生率と関連付けて述べることができる。
- がんの自然罹患率と関連付けて述べることができる。

#### B.4 患者の線量測定——診断参考レベル

- 小児固有の患者線量測定における難しさを説明できる。
- 小児科で利用できる患者線量測定法について討論できる。
- 患者線量値と患者の体形との関連について討論できる。
- 小児科における代表的な患者線量値と患者の体形との関係について分析できる。
- 小児科で利用できる診断参考レベルについて分析できる。
- 小児透視における診断参考レベルの用い方について討論できる。

#### B.5 医療関係者と親に対する放射線防護

- 親が子どもの放射線検査に協力する可能性と、講じるべき予防措置について分析できる。
- 上記の状況において親の被ばくは医療被ばくと見なすことができ、最適化基準を適用しなければならないことを明確化できる。
- 親または介助者が、自分たちに求められていることを正確に理解できるように強調することができる。
- 小児放射線検査時の補助を妊婦には許すべきでないことを説明できる。
- 上記の状況で鉛入りエプロンと鉛入り手袋を使用することの重要性を説明できる（手が直接放射線照射野にある場合）。

#### B.6 国際勧告

- 小児 X 線透視における放射線防護について、ICRP、米国国立放射線防護測定委員会 (NCRP)、EC、WHO が公表している関連文書の存在を考慮に入れることができる。

## B.7 核医学上の考慮事項

- 小児放射線科固有の訓練を受けた核医学技師を配置することの重要性を説明できる。
- 子どもでは体の動きが大きな問題となり，核医学手技固有の調整を必要とするという事実について討論できる。
- 検査を依頼する医師と核医学専門医の間に適切な協議関係が重要であることについて討論できる。
- 小児科における核医学検査を繰り返す場合，核医学専門医が必ず実施要否を決定すべきであることを説明できる。
- 小児患者に投与される放射エネルギーを決定する方法について討論できる。



## 付属書 C. 訓練教材入手先の例

(c 8) 無料ダウンロードして、直ちに利用できるパワーポイント・スライドの入手先

- [http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1\\_TrainingMaterial/Index.htm](http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/Index.htm)

(c 9) 他の教育資料の情報源：

- 国際原子力機関の患者の放射線防護関係ウェブサイトのさまざまな診断、IVR および治療様態に関する具体的な Q&A：<http://rpop.iaea.org>
- *Health Physics* のサイト “Ask the Expert”：  
<http://hps.org/publicinformation/ate/faqs/>
- 北米放射線学会のウェブサイト：<http://www.rsna.org/Education/index.cfm>

表 C.1 訓練教材を提供している組織のウェブアドレス（アルファベット順）

機 構	ウェブサイト
American Association of Physicists in Medicine	<a href="http://www.aapm.org/">http://www.aapm.org/</a> <a href="http://www.aapm.org/meetings/virtual_library/">http://www.aapm.org/meetings/virtual_library/</a>
European Commission	<a href="http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm">http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm</a> <a href="http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site">http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site</a> MARTIR project
European Society for Therapeutic Radiology and Oncology	<a href="http://www.estro.org/Pages/default.aspxe-test radiobiology">http://www.estro.org/Pages/default.aspxe-test radiobiology</a>
International Atomic Energy Agency	<a href="http://rpop.iaea.org">http://rpop.iaea.org</a> <a href="http://www.iaea.org/Publications/">http://www.iaea.org/Publications/</a> <a href="http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/publications.asp">http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/publications.asp</a>
International Commission on Radiological Protection	<a href="http://www.icrp.org/">http://www.icrp.org/</a> ICRP <i>Publications 84, 85, 86, 87, 93</i> に関する教育資料
International Radiation Protection Association	<a href="http://www.irpa.net/">http://www.irpa.net/</a> IRPA 10, IRPA 11 での再教育コース
Perry Sprawls	<a href="http://www.sprawls.org/resources/#radiation">http://www.sprawls.org/resources/#radiation</a>

Office of Radiation Protection Washington State Department of Health, USA)	<a href="http://www.doh.wa.gov/ehp/rp/factsheets/fsdefault.htm#introps">http://www.doh.wa.gov/ehp/rp/factsheets/fsdefault.htm#introps</a>
University of Washington	<a href="http://www.ehs.washington.edu/rsotrain/">http://www.ehs.washington.edu/rsotrain/</a> <a href="http://courses.washington.edu/radxphys/PhysicsCourse.html">http://courses.washington.edu/radxphys/PhysicsCourse.html</a>
Image Gently	<a href="http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/index.cfm?page=369">http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/index.cfm?page=369</a>

## 付属書 D. 本報告書に関連する情報を含んだ参考文献

- ACR. Appropriateness Criteria. American College of Radiology, Reston, VA. Available at: [http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality\\_safety/app\\_criteria.aspx](http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality_safety/app_criteria.aspx) (last accessed 24/08/2010).
- Caruana, C.J., Wasilewska-Radwansk, M., Aurengo, A., et al., 2009. The role of the bio-medical physicists in the education of the healthcare professions: an EFOMP project. *Physica Medica-Eur. J. Med. Physics* **25**, 133-140.
- Classic, K., Carlson, S., Vetter, R.J., Roessler, G., 2008. Physician Education: Expansion of the Radiation Protection Practice. IRPA 12 Proceedings. International Radiation Protection Association, Buenos Aires.
- EC, 1997. Council Directive 97/43 EURATOM on Health Protection of Individuals Against the Dangers of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposure, and Repealing Directive 84/466 EURATOM. Official Journal No. L 180. European Commission, Luxembourg, pp. 22-27. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743_en.pdf) (last accessed 01/03/2011).
- EC, 2000a. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/116.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf) (last accessed 01/03/2011).
- EC, 2000b. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf) (last accessed 01/03/2011).
- González, A.J., 2009. The 12 th Congress of the International Radiation Protection Association: strengthening radiation protection worldwide. *Health Phys.* **97**, 6-49.
- Hadley, J.L., Agola, J., Wong, P., 2006. Potential impact of the American College of Radiology Appropriateness Criteria on CT for trauma. *AJR Am. J. Roentgenol.* **186**, 937-942.
- Hendee, W., Mettler, M., Jr, Walsh, M., et al., 2009. Report of a consultation on justification of patient exposures in medical imaging. *Radiat. Prot. Dosimetry* **135**, 137-144.
- Klein, L.W., Miller, D.L., Balter, S., et al., 2009. Occupational health hazards in the interventional laboratory: time for a safer environment. *J. Vasc. Interv. Radiol.* **20**, 147-150.
- Martin, C.J., Dendy, P.P., Corbett, R.H., 2003. Medical Imaging and Radiation Protection for Medical Students and Clinical Staff. British Institute of Radiology, London.
- Mettler, F.A., Jr, 2006. Medical Radiation Exposure in the US 2006. Preliminary Results of NCRP SC-6-2 Medical Subgroup. Presented at Annual Meeting of NCRP, Crystal City, MD, April 2007.
- NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. National Research Council of the National Academies, Washington, DC.
- NCRP, 2009. Ionising Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP Report No.160. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD.
- Peer, S., Faulkner, K., Torbica, P., et al., 2005. Relevant training issues for introduction of digital radiology: results of a survey. *Radiat. Prot. Dosimetry* **117**, 154-161.
- Picano, E., Vañó, E., Semelka, R., Regulla, D., 2007. The American College of Radiology white paper

on radiation dose in medicine: deep impact on the practice of cardiovascular imaging. *Cardiovasc. Ultrasound* **5**, 37.

- Rehani, M.M., Ortíz-Lopez, P., 2005. Radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions keeping them under control. *Int. J. Cardiol.* **109**, 147–51.
- Rehani, M.M., 2007. Training of interventional cardiologists in radiation protection—the IAEA’s initiatives. *Int. J. Cardiol.* **114**, 256–60.
- Shiralkar, S., Rennie, A., Snow, M., Galland, R.B., Lewis, M.H., Gower–Thomas, K., 2003. Doctors’ knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ* **327**, 371–372.
- Vañó, E., Gonzalez, L., Faulkner, K., Padovani, R., Malone, J.F., 2001. Training and accreditation in radiation protection for interventional radiology. *Radiat. Prot. Dosimetry* **94**, 137–42.
- Vañó, E., Gonzalez, L., Canis, M., Hernandez-Lezana, A., 2003. Training in radiological protection for interventionalists. Initial Spanish experience. *Br. J. Radiol.* **76**, 217–9.
- Vañó, E., Gonzalez, L., 2005. Accreditation in radiation protection for cardiologists and interventionalists. *Radiat. Prot. Dosimetry* **117**, 69–73.
- Wagner, L.K., Archer, B.R., 2004. *Minimizing Risks from Fluoroscopy X-rays*, fourth ed. Partners in Radiation Management, The Woodlands, TX.
- WHO, 2000. *Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology*. World Health Organization, Geneva.



ICRP Publication 113

放射線診断および IVR における放射線防護教育と訓練

---

2014 年 3 月 31 日 初版第 1 刷発行

監修 米 倉 義 晴

翻訳 鈴 木 通 真 ・ 青 木 茂 樹

編集 I C R P 勧 告 翻 訳 検 討 委 員 会

発行 公益社団法人日本アイソトープ協会

〒113-8941 東京都文京区本駒込二丁目 28 番 45 号

電 話 学術・出版 (03) 5395-8082

U R L <http://www.jrias.or.jp>

発売所

丸善出版株式会社

© The Japan Radioisotope Association, 2014

Printed in Japan

---

印刷・製本 株式会社 恵友社

ISBN 978-4-89073-242-5 C3347

# 日本アイソトープ協会の ICRP 勧告日本語版

左端の数字は、ICRP Publications のシリーズナンバー。(仮)は、翻訳中または翻訳予定。  
【 】は発行年。右端の\*は ISBN (頭に 978-4-89073-をつけてください)。価格は本体価格。

## ◇ 防護全般 ◇

### 103 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告

世界の放射線防護の指針である ICRP の基本勧告。1990 年勧告の改訂版。本勧告から、計画/現存/緊急時という 3 つの被ばく状況に基づく体系へと移行した。また、線量制限値を 3 段階の枠で示している。1990 年以降の物理学・生物学の進歩を取り入れ、放射線加重係数 \* 202-9 と組織加重係数、放射線損害を一部更新。その背景を付属書 A・B で紹介。【2009 年】 3500 円

### 60 国際放射線防護委員会の 1990 年勧告

現在の放射線防護に関する法令等に、世界各国で自国の事情に合わせて反映されている勧告。「行為」と「介入」というプロセスに基づく防護体系を構築。この勧告から、作業者の線量限度が従来の年間 50 mSv から 5 年間の平均で年当たり 20 mSv (5 年につき 100 mSv) \* 055-1 に変更された。生物影響から新しい線量限度の設定に至る過程を付属書に詳述。【1991 年】 2718 円

## ◇ 放射線医学の防護全般 ◇

※防護全般も参照

### 105 医学における放射線防護

2007 年勧告 (Publ. 103) ・第 7 章で示した医療被ばくの特異性と患者等の防護体系を詳しく解説している。付属書には、近年の医療分野の勧告から領域別に要点をまとめて収載した。 \* 219-7 医療関係の方に利便性の高い 1 冊。ICRP Publ. 73 の改訂版。【2012 年】 3000 円

### 73 医学における放射線の防護と安全

1990 年勧告 (Publ.60) から医療関係者のために、医療の実施と管理に関係する事項を抜粋 \* 101-5 し、放射線防護の体系と、医学に適用する際の基本的な考え方を簡潔に解説。【1997 年】 2400 円

## ◇ 放射線医学——テーマ別 ◇

※防護全般も参照

### 121 小児科の放射線診断と IVR における放射線防護(仮) 翻訳中

### 120 心臓病学における放射線防護(仮) 翻訳中

### 117 画像診断科以外で行われる X 線透視下手技における放射線防護(仮) 翻訳中

### 112 新しい外部照射放射線治療技術による事故被ばくの予防

先進の放射線治療は、計画から準備・実施・検証までコンピュータ制御が不可欠で、複雑さの増大から新しいリスクも生じている。IMRT, VMAT, トモセラピー, IGRT, 呼吸同期など \* 234-0 先進外部照射技術におけるエラー事例と背景を解説し、事故回避策を提言した。【2013 年】 4300 円

### 102 MDCT における患者線量の管理

MDCT の装置と技術の特性について概説し、検査目的と画質レベル、患者の体格とスキャンパラメータの選択、自動照射制御 (AEC)、メーカーや機種による差異、反復検査時など、 \* 241-8 患者線量を低減するための配慮事項を詳述した。臨床での線量管理例も収載。【2014 年】 3600 円

## 98 永久挿入線源による前立腺がん小線源治療の放射線安全

永久挿入線源 (I-125・Pd-103 シード) による治療後、患者とまわりの人々が日常生活を安全に送れるよう、種々のデータをもとに関連事故の発生を防ぐ対応を具体的に勧告。付録 \* 204-3 に、線源の特性データ、治療後の患者への情報提供と治療者カードの例を収録。【2010年】1300円

## 97 高線量率(HDR)小線源治療事故の予防

高線量率(HDR)小線源治療は非常に高い線量を短時間で与えるため、治療ミスは臨床上有害な影響を生じる可能性がある。HDR 治療施設と装置構成について概説し、代表的な事故 \* 197-8 例から、治療にあたる職員の要件と訓練、治療品質保証の要件等を述べた。【2008年】2900円

## 94 非密封放射性核種による治療を受けた患者の解放

甲状腺がん・甲状腺機能亢進症の治療に用いられる I-131 に焦点を当て、治療投与後の患者から医療従事者や公衆に対する影響やリスクを論じ、患者の解放規準を勧告した。患者から排泄された放射性ヨウ素の環境中での経路、廃棄物の処分についても述べる。付録に、患者 \* 187-9 情報シートと患者カードの見本、治療後の放射線防護の指導見本を収録。【2007年】3200円

## 93 デジタルラジオロジーにおける患者線量の管理

画像診断技術はデジタル化によって大きく進歩し、患者線量を減らす可能性を持っている。一方で、必要以上に画像を撮影し、高画質を求めて患者線量が高くなる危険性も伴っている。不必要な医療被ばくを低減するため、画像診断の目的ごとに必要な画質、画像データ圧縮/後処理、診断参考レベル、デジタルシステム関連の規格と品質管理等について概説し \* 186-2 た。患者線量の測定に用いる量と単位についても収録。【2007年】3300円

## 87 CT における患者線量の管理

CT 検査の頻度は世界中で増加傾向にあるが、CT 検査が患者に与える線量は比較的高い。この患者線量の管理に必要な、「検査の正当化」「技術的パラメータの選択」「品質管理」「診断参考レベルの使用」「装置の技術」について概説。放射線科医、診療放射線技師、医学物理士、CT 検査を依頼する医師、製造業者、行政関係者などを対象とした1冊。【2004年】1700円

## 86 放射線治療患者に対する事故被ばくの予防

体外照射または固体の密封小線源を用いた放射線治療での事故被ばくを防ぐための報告書。過去の重大な事故被ばく例を取り上げ、発生理由を検討し、結果を要約。その上で、規制、教育と訓練、品質保証プログラム、適切な監督、職務責任の明確化、迅速な報告等、治療事故を予防する措置について勧告している。【2004年】2800円

## 85 IVR における放射線傷害の回避

IVR 手技は今後の多用が予想される一方、診療従事者や患者に対する放射線リスクがあまり認識されていない。IVR 手技による重篤な影響の例を示し (カラー写真)、皮膚と目に対する放射線の生物学的影響、線量を制御する実際的な措置について解説。患者へのカウンセリング、経過観察、術者の訓練等について助言を行っている。【2003年】2200円

## 84 妊娠と医療放射線

妊娠している女性に対する放射線診療は、母親と胎児の双方に配慮して正当化の判断をしなければならない。胎児の放射線影響に関する知見、放射線診断、核医学診断、放射線治療の際の胎児線量などが分かりやすく記載され、妊娠の可能性のある女性の放射線診療に直ちに役立つ内容が盛り込まれている。医師、看護師、診療放射線技師など、放射線診療に携わる多くの職種の人々を対象とした実務書。【2002年】1300円