

# 小児画像診断における 放射線被ばくリスクの伝え方

医療に関する便益とリスクの議論を  
サポートする情報



※子供たちのためにイラストが施されたCTユニット  
(国立成育医療研究センター 放射線診療部CT室)

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構  
医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME) 監修

本書において用いられた表記や記述は、国・地域・都市または地方もしくはその当局の法的地位、または国・地域の境界に関する WHO の見解を示すものではない。地図上の点線はまだ完全な合意のない可能性がある地域のおおよその国境線を示している。

特定の企業または特定のメーカーの製品への言及は、記載のない同等の性質を有する他の企業または製品に優先して WHO が公認または推奨していることを示すものではない。誤記脱漏に対して責任を負わないものとする。特許商品は頭文字を大文字とすることで区別される。

この出版物に含まれる情報を検証するため、WHO は、あらゆる妥当な事前措置を講じてきた。しかしながら、出版された資料は、明示、暗示を問わず一切の保証を伴わずに配布するものである。資料の解釈および使用に関する責任は読者に帰属するものであり、いかなる場合においても、WHO はその使用から生じる損害に対する責任を負わないものとする。

---

この書籍は、“*Communicating radiation risks in paediatric imaging. Information to support healthcare discussions about benefit and risk*” というタイトルで 2016 年に世界保健機関によって刊行された。

©World Health Organization 2016

世界保健機関は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構に対して、日本語版の翻訳出版権を付与した。国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構は、日本語による翻訳の品質及び忠実性について単独で責任を負う。英語版と日本語版との間に矛盾がある場合は、原著の英語版を拘束力のある正本とする。

小児画像診断における放射線被ばくリスクの伝え方：医療に関する便益とリスクの議論をサポートする情報  
©国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（2017年）

日本語翻訳者／編集者

宮崎 治（主査、国立成育医療研究センター、

医療被ばく研究情報ネットワーク小児防護ワーキンググループ 主査）

神田玲子（量子科学技術研究開発機構、J-RIME事務局）

赤羽正章（国際医療福祉大学、日本医学放射線学会）

石黒千絵（量子科学技術研究開発機構）

光野 譲（国立国際医療研究センター病院、日本診療放射線技師会）

田波 穰（埼玉県立小児医療センター、日本小児放射線学会）

松原孝祐（金沢大学、日本放射線技術学会）

ISBN 978-4-907894-08-5

# 目次

序文	3
はじめに	4
謝辞	6
協力者	7
要旨	9

<b>第1章：科学的背景</b>	11
1.1 放射線および医用画像診断の動向について	12
1.1.1 放射線および電離放射線の線量単位の種類	12
1.1.2 放射線被ばく線源	14
1.1.3 今日の画像診断による放射線被ばく	16
1.2 小児の検査における放射線量とリスク	20
1.2.1 小児検査の放射線量	20
1.2.2 画像診断における放射線リスク：放射線被ばくの健康影響	22
1.2.3 電離放射線に対する小児の感受性：特有の配慮	25

<b>第2章：放射線防護の概念と原則</b>	29
2.1 小児画像診断における放射線の適切な利用	30
2.1.1 医療における放射線防護の基礎	30
2.1.2 検査の正当化と妥当性	33
2.1.3 最適化：小児の体格に応じた検査	37
2.2 業務改善のための放射線に関する安全文化の推進	44
2.2.1 医療施設における放射線に関する安全文化とは？	44
2.2.2 放射線安全と診療ガバナンス	46
2.2.3 放射線に関する安全文化の確立	47

<b>第3章：便益とリスクに関する対話</b>	49
3.1 便益とリスクに関する話し合いの実践的なヒント	50
3.1.1 コミュニケーションの目標と課題	50
3.1.2 放射線の便益とリスクのコミュニケーション	52
3.1.3 小児患者とのコミュニケーション	53
3.1.4 臨床現場で対話を確立するには	54
3.1.5 小児患者とのコミュニケーションの実例	56
3.1.6 患者中心のコミュニケーションのためのQ&A	58
3.1.7 主要なメッセージの例	65
3.2 倫理的配慮	66
3.3 医学界における対話の創造	68
3.3.1 参加者	68
3.3.2 依頼医と放射線科専門医との対話	68
3.3.3 画像診断スタッフと医療施設管理者との対話	70
3.3.4 小児科医療に関わる他の医療従事者との対話	70
3.3.5 便益とリスクに関する対話における公衆衛生の役割	71

参考文献	72
------	----

添付文書	79
添付文書 A. 略語集	80
添付文書 B. 用語集	81
添付文書 C. 補足資料	86



# 序文

高度な画像技術は、臨床診断の新たな地平を開き、患者のケアを大幅に改善した。その結果、過去数十年の間に世界中で医用画像の使用が急速に増加し、小児領域においても適用範囲が広がっている。コンピュータ断層撮影（CT）は、診断に役立つ迅速かつ正確な情報を提供することが可能である。小児 CT は救命に役立つとともに、多くの場合、より侵襲的な手技の必要性を未然に防ぐ。しかしながら、不適切な使用は、特に小児において不要で、本来なら回避可能な放射線リスクをもたらす可能性がある。得ることのできる多くの健康上の利点を認めつつ、リスクを最小限に抑えるバランスのとれた取り組みが必要である。

患者と家族は、可能な限り情報を理解し、それに基づいた選択を行えるように、小児画像診断に関するリスクと便益の話し合いに参加するべきである。画像診断の便益とリスクについて適切に知らされていない場合、有益でないだけでなく、有害な選択さえする恐れがある（例えば、必要なCTを拒否する、または正当とは認められないCTを要求するなど）。放射線リスクコミュニケーションおよび便益とリスクに関する対話は、小児の画像診断を指示または実施する医療従事者らの間においても必要である。依頼医（訳注：放射線検査を指示する医師。日本では主治医であることが多い。）と画像診断チームのメンバー間の効果的なコミュニケーションで、不適切な検査を回避する場合がある。情報に基づいた意思決定を可能にすることにより、放射線リスクに関する効果的なコミュニケーションが、小児画像診断において可能な限り低いリスクで、可能な限り大きな便益を確保することに役立つのである。

この必要性に応じて、世界保健機関（WHO）は、小児画像診断における便益とリスクの対話をサポートするため、放射線リスクコミュニケーションのプロジェクトへの国際協力を呼びかけた。本書は、医療従事者、患者支援団体、保健当局、放射線防護規制当局、研究者、およびコミュニケーションの専門家を含む関係者との幅広い協議を経て国際的に認められている専門家グループによって作成された。その後の本書の改訂は、世界各地で行われた多数のワークショップを通じて収集されたフィードバックに基づいて行われた。

本書は、小児医療における便益とリスクに関する対話をサポートするため、小児画像診断の既知の電離放射線リスクもしくは将来起こりうる放射線リスクを伝えるコミュニケーションツールとして役立つことを目的としている。本書は、さまざまな環境で使用される重要なメッセージの例など、コミュニケーションを支援するための情報およびリソースを提供する。このツールは、主に放射線被ばくを伴う画像診断を小児に受けさせる側の医療従事者を対象としている。この対象者に加えて、他の関係者にとっても本書は有用なツールとなるであろう。

世界保健機関（WHO）は、小児医療における放射線の安全と質の向上のため、世界、地域、および国レベルの関係者との協力の継続と発展を期待している。

**Dr Maria Neira**  
Director  
Department of Public Health,  
Environmental and Social  
Determinants of Health

**Dr Edward Kelley**  
Director  
Department of Service Delivery  
and Safety

# はじめに

放射線リスクコミュニケーションは、医療における放射線防護プログラムの重要な要素である。画像診断における放射線量および関連するリスクについての医療従事者の認識レベルは低い可能性がある。依頼医（放射線検査を指示する医師）には、小児画像診断の便益とリスクを明確かつ効果的に伝えるための十分なバックグラウンド、教育、およびリソースが必要である。このニーズに応えて、世界保健機関（WHO）は、小児画像診断における放射線リスクコミュニケーションに関するプロジェクトを開始した。

WHOは、2010年9月に小児画像診断における放射線リスクコミュニケーションに関する国際ワークショップを開催した。この会議は、スイス・ジュネーブのWHO本部で開催され、23の専門家団体、国際機関、地域機関、および国連機関から35名の参加者が集まった<sup>1</sup>。この会議には、放射線科専門医、診療放射線技師、医学物理士、臨床医、看護師、患者とその親、規制当局、研究者、コミュニケーションの専門家など、小児画像診断分野の主要な関係者の代表が参加した。参加者は、画像診断における放射線リスクを伝える既存のガイダンスやツールをまとめてその差を確認し、小児画像診断における便益とリスクに関する対話を支援する必要性について合意した。子供の画像診断に関連するリスクを、様々な対象者に効果的に伝えるための指針<sup>2</sup>を含む医療従事者のための教育ツールを開発することが提案された。患者および家族にとってより簡潔な情報が得られるようにすることも提案された。

このような目的で、専門家グループが設立され、本書の最初の草案が作成された。これは、2011年9月にポーランド・ワルシャワで開催された第17回WONCA家庭医療会議において、WHOとWONCA（World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Practitioners/Family Physicians）が共同で主催した小児画像診断における放射線リスクコミュニケーションに関するワークショップで発表された。WHOは2012年12月にドイツ・ボンで小児画像診断における放射線リスクコミュニケーションに関する第2回国際ワークショップを開催した。この会議には、19カ国から

<sup>1</sup> このワークショップには、以下の組織が参加した：アフリカ放射線学会（African Society of Radiology : ASR）、小児画像診断における放射線安全連合（Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging/Image Gently campaign）、カナダ放射線学会（Canadian Association of Radiology : CAR）、欧州委員会（European Commission : EC）、欧州放射線学会（European Society of Radiology : ESR）、ベルギー連邦原子力管理庁（Federal Agency for Nuclear Control）、米国食品医薬品庁（U.S. Food and Drug Administration : FDA）、ドイツ放射線防護局（German Radiation Protection Authority : BfS）、国際原子力機関（International Atomic Energy Agency : IAEA）、国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection : ICRP）、国際看護師協会（International Council of Nurses : ICN）、国際医学物理機構（International Organization for Medical Physics : IOMP）、International Radiology Quality Network（IRQN）、世界放射線技師会（International Society of Radiographers and Radiation Technologists : ISRT）、国際放射線学会（International Society of Radiology : ISR）、中南米小児放射線学会（Sociedad Latino Americana de Radiologia Pediatrica : SLARP）、米国放射線防護審議会（National Council of Radiation Protection and Measurements : NCRP）、放射線医学総合研究所（National Institute of Radiological Sciences of Japan : NIRS）、Patients for Patient Safety（PFPS）、英国王立放射線学会（Royal College of Radiology : RCR）、米国環境保護庁（United States Environmental Protection Agency : USEPA）、および世界家庭医機構（World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Practitioners/Family Physicians : WONCA）。（訳注：組織名の訳は必ずしも正式な定訳ではない。）

<sup>2</sup> 本書において、子供とは18歳未満の者を指す。

参加した専門家、12の国際機関、国連機関、専門機関、科学団体、学術機関、研究機関、患者のネットワークと組織、規制当局、および健康省の代表者を含む56名の参加者が集まった<sup>3</sup>。参加者は、最近の放射線リスクコミュニケーション活動から得られた経験と教訓を見直し、優れた取り組みについて議論し、さまざまな視点からのフィードバックを提供した。

更新された本書は2013年にパイロット試験に供され、収集されたフィードバックに基づいてその後の改訂が行われた。これには、2013年6月、チェコ・プラハで開催された第20回世界家庭医学会議での、小児画像診断による放射線リスクを伝える家族医の役割に関するWHO-WONCAワークショップが含まれていた。本書は2014年12月、WHOと放射線医学総合研究所（NIRS）が東京で共同開催した「医療関係者のための国際対話セミナー」で発表された。

本書は、小児医療における便益とリスクの対話を支援するため、小児画像診断に関連する既知の電離放射線リスク、将来の放射線リスクを伝えるコミュニケーションツールとして役立つことを目的としている。本書は、エンドユーザーに、さまざまな環境で使用される重要なメッセージの例など、コミュニケーション方策の支援情報およびリソースを提供する。本書は、3つの章で構成されており、これらの章には、ナビゲーションを容易にするため特定のカラーコードが施されている。また、3つの添付文書に追加情報が記載されている。

このツールは、主に、小児に放射線被ばくを伴う画像診断を受けさせる側のあらゆる医療従事者を対象としているが、他の関係者にとっても有用なツールとなるであろう。このコミュニケーションツールは、患者、両親、家族、および一般の人々を対象とした説明資料を開発するための土台となるかもしれない。

このコミュニケーションツールの潜在的なエンドユーザーには次のものが挙げられる：

- 小児画像診断のために放射線検査を依頼する小児科医、外科医、一般開業医または家庭医、救急医、医療助手、看護師およびその他の医療従事者
- 小児画像診断を実施、支援、または指示する医療従事者（例えば放射線専門医、核医学専門医、医学物理士、診療放射線技師、歯科医、循環器科医、整形外科医、小児外科医、血管外科医、消化器科医、泌尿器科医、および放射線科以外の場所で画像診断を行う他の医療専門家）
- 健康政策・意思決定者、保健当局、規制機関、およびその他の政府機関
- 医学および歯学の教育機関、その他の学術機関および研究機関

<sup>3</sup> ワークショップ報告書は以下から閲覧可能である。

[http://www.who.int/ionizing\\_radiation/medical\\_exposure/Bonn\\_Workshop\\_Risk\\_Communication\\_Report01.pdf](http://www.who.int/ionizing_radiation/medical_exposure/Bonn_Workshop_Risk_Communication_Report01.pdf)

# 謝辞

この文書は、世界保健機関（WHO）によって設立された専門家作業部会によって作成されたものである。WHO事務局が本書の作成を調整した。多数の専門家が、協力者としてコメントを提供、もしくはいくつかの会議において技術的助言を提供することにより、このプロジェクトに貢献した。WHOは、すべての協力者に感謝するとともに、以下の専門家には、このプロジェクトへの彼らの継続的な支援、指導、および献身に対して特別な感謝の意を表す：

Michael Boyd  
Jerrold Bushberg  
Steve Ebdon-Jackson  
Donald Frush  
Donald Miller  
Denis Remedios  
Angela Shogren

WHOは、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）によって提供されたデータの見直しと更新に対してFerid Shannounに感謝の意を表す。放射線量とリスクに関する技術的貢献についてJerrold Bushberg、Wesley Bolch、およびElliott Stepusinにも感謝の意を表す。このプロジェクトの一部は、米国環境保護庁およびフランス厚生省による資金提供を受けた。ドイツ政府は、連邦環境・自然保護・原子炉安全省（BMU）を介して、WHO協力センターであるドイツ連邦放射線防護局（BfS）の技術サポートを受け、2012年12月にドイツ・ボンで第2回小児画像診断における放射線リスクコミュニケーションに関するワークショップを開催した。WHO協力センターである独立行政法人放射線医学研究所（NIRS）は、2014年12月に東京で小児画像診断におけるリスクと便益のコミュニケーションに関するダイアログセミナーを開催した。



# 協力者

## 専門家作業部会のメンバー

BOYD Michael,  
United States Environmental Protection  
Agency, USA

BUSHBERG Jerrold T,  
National Council of Radiation Protection  
and Measurements, USA

EBDON-JACKSON Steve,  
Public Health England, United Kingdom

FRUSH Donald,  
Alliance for Radiation Safety in  
Pediatric Imaging/Image Gently  
campaign, USA

MIKHAIL Miriam,  
World Health Organization, Switzerland

MILLER Donald,  
U.S. Food and Drug Administration,  
USA

MURPHY Margaret,  
WHO Patients for Patient Safety, Ireland

PEREZ Maria del Rosario,  
World Health Organization, Switzerland

PRASOPA-PLAIZIER Nittita,  
World Health Organization, Switzerland

REMEDIOS Denis,  
Royal College of Radiologists, United  
Kingdom

SHANNOUN Ferid,  
United Nations Scientific Committee on  
the Effects of Atomic Radiation, Austria

SHOGREN Angela,  
United States Environmental Protection  
Agency, USA

## コレスポンディングメンバー<sup>1</sup>

AKAHANE Keiichi,  
National Institute of Radiological  
Sciences, Japan

ADAMS Elizabeth,  
International Council of Nurses,  
Switzerland

APPLEGATE Kimberly,  
Alliance for Radiation Safety in  
Pediatric Imaging/Image Gently  
campaign, USA

BOUESSEAU Marie-Charlotte,  
World Health Organization, Switzerland

CHOI Simon,  
U.S. Food and Drug Administration,  
USA

CARBONNELLE Sylviane,  
Federal Agency for Nuclear Control,  
Belgium

CORRA Lilian,  
International Society of Doctors for the  
Environment, Argentina

COULOMBE Caroline,  
World Health Organization, Switzerland

COWLING Cynthia,  
International Society of Radiographers  
and Radiological Technologists,  
Australia

DEMETER Sandor,  
University of Manitoba, Canada

ETZEL Ruth,  
World Health Organization, Switzerland

GAMHEWAGE Gaya,  
World Health Organization, Switzerland

GRIEBEL Jürgen,  
Federal Office of Radiation Protection,  
Germany

HOLAHAN Vincent,  
United States Nuclear Regulatory  
Commission, USA

HOLMARK Birgitte,  
WHO Patients for Patient Safety,  
Denmark

KANDA Reiko,  
National Institute of Radiological  
Sciences, Japan

KAWOOYA Michael,  
African Society of Radiology, Uganda

KESMINIENE Ausrele,  
International Agency for Research on  
Cancer, France

KHONG Pek-Lan,  
International Commission on  
Radiological Protection, China Hong  
Kong Special Administrative Region

<sup>1</sup> このリストは、執筆および校閲に技術的貢献をした専門家ならびに2010年9月にWHOジュネーブ本部で開催された「小児医療における放射線リスクコミュニケーションに関する第1回ワークショップ」、2012年12月にボンで開催された「小児医療における放射線リスクコミュニケーションに関する第2回ワークショップ」、2013年9月にWHOジュネーブ本部で開催された国際専門家会議、および2014年12月に東京で開催された「小児科における放射線画像診断のリスクと便益のコミュニケーション」に参加した専門家を含む。協力者の所属は上記の貢献をした際に勤務していた機関である。

LAU Lawrence,  
International Society of Radiology,  
Australia

McMICHAEL

Nate United States Environmental  
Protection Agency, USA

MIYAZAKI Osamu,  
National Center for Child Health and  
Development, Japan

MOLA Ernesto,  
World Organization of National Colleges,  
Academies and Academic Associations  
of General Practitioners/Family  
Physicians, Italy

NADER Alejandro,  
International Atomic Energy Agency,  
Austria

NEWMAN Donna,  
International Society of Radiographers  
and Radiological Technologists, USA

NEWELL Stephanie,  
WHO Patients for Patient Safety,  
Australia

PAULO Graciano,  
European Federation of Radiographer  
Societies, Portugal

REED Martin,  
Canadian Association of Radiology,  
Canada

REHANI Madan,  
International Organization for Medical  
Physics and International Commission  
on Radiological Protection, USA.

RINGERTZ Hans,  
International Society of Radiology,  
Sweden

ROBERTS Richard,  
World Organization of National Colleges,  
Academies and Academic Associations  
of General Practitioners/Family  
Physicians, USA

SHERIDAN Susan,  
WHO Patients for Patient Safety, USA

SHIELDS Glenna,  
United States Environmental Protection  
Agency, USA

SHORE Roy,  
Radiation Effects Research Foundation,  
Japan

SIMEONOV Georgi,  
European Commission, Luxembourg

SORANTIN Eric,  
European Society of Paediatric  
Radiology and European Society of  
Radiology, Austria

SOTO GIORDANI,  
Colegio Interamericano de Radiología  
[Inter-American College of Radiology],  
and World Federation of Pediatric  
Imaging, Chile

SOUWER Corinne,  
Federal Agency for Nuclear Control,  
Belgium

VAN DEVENTER, Emilie,  
World Health Organization, Switzerland

VISENTIN Giorgio,  
World Organization of National Colleges,  
Academies and Academic Associations  
of General Practitioners/Family  
Physicians, Italy

VOCK Peter,  
European Society of Radiology,  
Switzerland

WIEDER Jessica,  
United States Environmental Protection  
Agency, USA

YONEHARA Hidenori,  
National Institute of Radiological  
Sciences, Japan

ZAIDI Habib,  
International Organization of Medical  
Physics, Switzerland

図9の作成に使用されたデータはJT Bushberg<sup>2</sup>、WE Bolch<sup>3</sup> およびE Stepusin<sup>4</sup> の好意により提供された。

<sup>2</sup> Jerrold T Bushberg, University of California, Sacramento, CA 95817 (USA)

<sup>3</sup> Wesley E Bolch, University of Florida, Gainesville, FL 32611 (USA)

<sup>4</sup> Elliott Stepusin, University of Florida, Gainesville, FL 32611 (USA)

# 要旨

電離放射線を用いた技術の進歩により、疾患の治療や診断への臨床応用は増え続ける一方である。これらの技術が世界中で広く使われるようになり、小児患者にも良い影響を与えている。

- デジタルX線撮影（訳注：コンピューターラジオグラフィ（CR）およびデジタルラジオグラフィ（DR）を指す。）は、従来のフィルムベースのX線撮影に取って代り、これまでよりも低コストで容易なアクセスにより、解析・電子配信可能な画像がすぐに得られるようになった。
- コンピュータ断層撮影（CT）は、小児の病気やけがの診断に有益なツールであり、CTよりも精度の低い画像診断検査や高侵襲的な画像診断検査に代わって用いられることが多い。
- 小児にとって、X線透視を用いた画像下治療（IVR）は、有害事象リスクを伴いやすい外科治療の代りとなる。
- 核医学は、構造と機能に関する診断が可能で、特にハイブリッド技術（例えばPET-CT）の場合、その特徴は顕著である。
- 歯科放射線学が進歩し、一部の地域では、顔面と歯の3次元画像を得るため、歯科医と歯列矯正医が小児にコーンビームCTを使用することが増えてきている。

放射線を使った画像診断が小児患者の命を救う—小児の病気やけがを診断するため、放射線を利用した画像診断技術を用いることに臨床的価値があることは疑う余地がない。しかしこうした技術の不適切な使用や未熟練者による使用は、小児患者のリスクを増大させ、付加的な便益のない不要な被ばくをもたらし可能性がある。画像診断検査中にもたらされる放射線量は少なく、急性症状を誘発する恐れはないが、画像下治療（IVR）では、皮膚障害のような確定的影響を引き起こすほどの高線量被ばくをもたらし可能性がある。小児の画像診断においては確率的影響のリスクが特に懸念されている。これは、小児は特定の種類のがんの発症に対して成人よりも感受性が高く、また放射線で誘発される長期的影響を来すほど長い余命を有しているためである。患者個人の放射線リスクは多く見積ったとしても極めて小さいが、小児画像診断における放射線の安全性を強化することは、公衆衛生上の課題となっている。それは小児の被ばく人口がますます増加しているだけでなく、社会意識の向上や、国民の不安の高まりによるものである。

小児画像診断の便益は、放射線被ばくの潜在的なリスクと比較検討されなければならないが、最終的な目的は便益が損害に勝ることである。これには、画像診断で得られる健康面の多様な便益を認識し、かつ最大化しつつ、同時に潜在的な健康リスクを最小化するための方針と対策が必要となる。医療分野における放射線防護では、検査の正当化と防護の最適化という2つの原則を実行することにより、便益の最大化とリスクの最小化を可能にしている：すなわち「正しい検査を行う」と「正しく検査を行う」とのことである。既存の画像診断照会ガイドラインは、正当化をサポートし、依頼の適切性を向上させるために用いることができる。これらの意思決定支援ツールは、依頼医（訳注：放射線検査を指示す

る医師。日本では主治医であることが多い。)と放射線科医に、そして患者や介助者(訳注：介助を行う近親者。)にも、適切な検査の選択に必要な情報をもたらすことができる。放射線防護における最適化とは、線量を「合理的に達成可能な限り低く(ALARA)」することを意味するが、画像診断に関しては、診断に十分なデータ画像(画質)を得るために、必要最低限の線量を使用することを意味する。診断情報を大きく損なうことなく放射線量を低減する機会は数多く存在する。

小児の放射線検査の依頼および/または実施をする医療従事者は、患者や両親、他の介助者に対して、正しく効果的に放射線のリスクを伝えるという共通の義務を有している。さらに医療従事者は、意思決定プロセスを伝えるために便益とリスクについての話し合いを行えるはずである。すなわち放射線科医、診療放射線技師、医学物理士や画像診断チームのその他のメンバーは、自分たちの同僚、特に小児科医、家庭医、救急医やその他の依頼医と共に、検討すべきである。たとえ医療従事者の間で、放射線量や画像診断関連のリスクに関する認識が低かったとしてもである。

放射線リスクに関する効果的でバランスの良いコミュニケーションを行うには、便益とリスクについての対話を支えるのに十分なバックグラウンド、教育、リソースが必要であるが、特に小児患者の場合はそうである。例えば、適切な検査を選択することや、臨床効果を下げることなく患者の被ばくを低減する方法を用いることによって、リスクを制御し、便益を最大限に引き出すことを伝えることは重要である。リスクコミュニケーションや便益とリスクの対話の基本は全ての医療の現場に共通であるが、小児画像診断で効果的なコミュニケーション方策を実施するためには特有の配慮が求められることが多い。

この報告書では、小児患者とのコミュニケーション等、臨床の場でこうした対話を行うための様々なアプローチについて論じている。よくある質問と回答の例など、便益とリスクの検討をサポートする実践的なヒントを提供しており、患者とその家族へ提供する資料を開発するために用いることもできる。また小児画像診断の放射線リスクコミュニケーションの倫理的な問題に関しても検討し、医学界内での対話形成の際のさまざまなシナリオや関係者を提示している。さらにそれらがどのように小児画像診断に適用されているか、医療放射線防護の柱である診療行為改善を目的とした放射線安全文化の確立・維持について、放射線防護の概念と原則についても詳しく述べている。

こうした議論に先立つ章では、放射線の種類や小児の医療被ばくの放射線源について述べ、小児画像診断の電離放射線利用の最新動向について概説している。また小児検査での放射線量の推定値を提示し、小児期の放射線被ばくによる既知の潜在的リスクについて概説している。

優れた医療行為には、医療の便益とリスクについての効果的なコミュニケーションが含まれている。こうした意味で、放射線リスクコミュニケーションは、画像診断における良質な医療の重要な構成要素であり、医療従事者間の、そして子供やその家族、介助者との適切な便益とリスクの対話に情報を提供する重要な役割を有している。

# 第1章： 科学的背景

医療における電離放射線の利用は世界的に拡大している。高度な医用画像技術は、画像診断を発展させ、患者ケアを改善した。このような状況を踏まえ、享受し得る多くの健康上の便益を認めて最大化するとともに、潜在的な健康リスクに対処して最小限に抑える政策が求められている。この節では、小児画像診断における便益とリスクに関する対話の支援に役立つと思われる放射線に関する科学的情報を扱う。

**1.1 節**では、放射線の種類と被ばく線源について説明し、画像診断における電離放射線の利用について、最近の動向の概要を示す。

**1.2 節**では、小児検査における放射線被ばく線量を提示し、小児期の放射線被ばくに関連する既知のリスクおよび潜在的なリスクの概要を示す。

# 1. 科学的背景

## 1.1 放射線および医用画像診断の動向について

### 1.1.1 放射線および電離放射線の線量単位の種類

放射線は波または粒子の形態で放出され、介在する媒体または空間中を伝わるエネルギーである。原子との相互作用において電子を除去するのに十分なエネルギーを有する放射線は「電離放射線」と呼ばれる。電離放射線は、過剰なエネルギーを有する原子によって生成される。放射性物質内の原子は、低エネルギー状態に「壊変」する(すなわち変容する)際に、ガンマ線などの形態でこのエネルギーを放出する。患者に投与された放射性トレーサー(放射性医薬品)からガンマ線が放出される様子を核医学画像診断装置により捉えることで、体内における放射性医薬品の分布を確認することができる。X線は、ガンマ線とは別の種類の電離放射線で、特殊な真空管内で人工的に生成され、コンピュータ断層撮影(CT)スキャナおよび他のX線装置に使用されている。一方「非電離放射線」

## Box 1.1 数量と単位

吸収線量は、組織および臓器に蓄積される単位質量あたりのエネルギー量であり、単位はグレイ(Gy)である。1グレイは画像診断では非常に大きな単位であり、より実用的にミリグレイ(mGy)の単位で話される場合が多い。1グレイは1000ミリグレイに等しい。

異なるタイプの放射線によるリスクは、等価線量に換算して比較することができる。等価線量は、放射線の種類毎に定められた放射線加重係数を使用することによって定義される。X線およびガンマ線の場合の係数は1であるが、他の種類の放射線ではより高い可能性がある。

実効線量は、様々な組織や臓器の等価線量を重み付けして合計したものであり、主に放射線誘発がんに対する各組織/臓器の相対的かつ大まかな感受性が反映されている。

実効線量の概念は、本来職業被ばくや公衆被ばく防護のためのツールとして開発されたが、異なる診断検査および画像下治療(IVR)から受ける線量を比較する際に実用的価値が高い。実効線量を用いることにより、異なる方法や技術で施行された同じ検査の線量を比較したり、異なる施設で施行された同様の検査の線量を比較することもできる。こうした場合、実効線量を導く際には代表的患者の性別、年齢および体重は同じとする仮定が用いられてきた。実効線量は、放射線

検査を受ける個人に対する放射線の影響によるリスクを正確に推定するために考え出されたものではなかった。個々のリスク評価および疫学研究のためには、臓器線量(吸収線量または等価線量のいずれか)を使う方が適切である。

人口全体が医療被ばくにより受ける線量を推定し比較する際には「集団実効線量」を使用するが、これは健康影響の発生を予測するためのものではない。「集団実効線量」は、放射線検査の平均実効線量に、特定の集団で推定される検査の実施回数を乗じて得られる。全人口がすべての放射線検査から受ける総実効線量は、放射線の医学利用の世界的傾向を表すために用いることができる。

等価線量および実効線量の単位はシーベルト(Sv)である。1シーベルトは、画像診断では非常に大きな単位であり、ミリシーベルト(mSv)の単位で話す方がより現実的である。1シーベルトは1000ミリシーベルトに等しい。集団実効線量は人・シーベルト(人・Sv)の単位で測定される。

は、原子との相互作用において電子を除去するエネルギーが不十分なタイプの放射線を示す用語である。非電離放射線は、低エネルギーの電場および磁場からなり、例えば、電波、マイクロ波、赤外線、紫外線および可視光などである。超音波画像診断システムは、音波を用いて組織や臓器の画像を生成し、磁気共鳴画像診断(MRI) スキャナは、強い磁場および電波を利用して体内構造の画像を生成する。特に明記されていない限り、本書において放射線という用語は電離放射線を指す。

放射線量は、被ばくした組織および臓器における単位質量あたりに吸収されるエネルギーの量である。放射線の量と単位に関してある程度基本的事柄を理解することは、同僚や患者とのより良いコミュニケーションの助けとなる可能性がある(Box 1.1 参照)。核医学検査に使用される放射性物質の量を表わす特定の用語と単位がある(Box 1.2 参照)。

## Box 1.2 放射性物質の量の表し方

ベクレル(Bq) は国際単位系で使われている放射能の単位である。核医学では、患者に投与される放射能の量を表すために使用される。1 Bq は非常に少量の放射性物質に当たり、1 秒間に1回の放射性壊変に相当する。キュリー(Ci)は過去に使用されていた放射能の単位である。

1 Ci は非常に大量の放射性物質に当たり、毎秒  $3.7 \times 10^{10}$  (370 億) 回の放射性崩壊に相当する<sup>a</sup>。現在、Ci の単位は世界中でほとんど使用されていないが、比較を目的とする場合にはやはり有効である。以下にいくつかの例を示す。

国際単位系 (ISU)	ISU と同等	1 秒間あたりの壊変数
1 テラベクレル (TBq)	27 キュリー (Ci)	1 000 000 000 000
1 ギガベクレル (GBq)	27 ミリキュリー (mCi)	1 000 000 000
1 メガベクレル (MBq)	27 マイクロキュリー ( $\mu$ Ci)	1 000 000
1 キロベクレル (kBq)	27 ナノキュリー (nCi)	1000
1 ベクレル (Bq)	27 ピコキュリー (pCi)	1
37 ギガベクレル (GBq)	1 キュリー (Ci)	37 000 000 000
37 メガベクレル (MBq)	1 ミリキュリー (mCi)	37 000 000
37 キロベクレル (kBq)	1 マイクロキュリー ( $\mu$ Ci)	37 000
37 ベクレル (Bq)	1 ナノキュリー (nCi)	37
0.037 ベクレル (Bq)	1 ピコキュリー (pCi)	0.037

日常生活における自然放射能レベルの例を以下に示す：

食品中の自然放射能			体内の標準的な放射能量 <sup>b</sup>	
食品	<sup>40</sup> K (カリウム)	<sup>226</sup> Ra (ラジウム)	核種	
バナナ	130 Bq/kg	0.037 Bq/kg	ウラン	1.1 Bq
ブラジルナッツ	207 Bq/kg	37–260 Bq/kg	トリウム	0.11 Bq
ニンジン	130 Bq/kg	0.02–0.1 Bq/kg	カリウム	4.4 kBq
ホワイトジャガイモ	130 Bq/kg	0.037–0.09 Bq/kg	ラジウム	1.1 Bq
ビール	15 Bq/kg	NA	炭素	3.7 kBq
赤身肉	110 Bq/kg	0.02 Bq/kg	トリチウム	23 Bq
生肉	170 Bq/kg	0.07–0.2 Bq/kg	ポロニウム	37 Bq

<sup>a</sup> 国際単位系の使用が推奨されているが、Ci およびその関連単位は、核医学検査で投与される放射能の量を示す際に医学界で時折使用されているため、この情報ボックスに含めた。

<sup>b</sup> 自然放射能の人体における1秒あたりの壊変数(DPS)は一般的に約7400 DPSである。

本書において特定の意味で使用される用語については、この章で説明する(**Box1.3** 参照)。**添付資料 A～C**には、頭字語と略語の定義(**添付資料 A**)、用語集(**添付資料 B**)、および画像診断の実践と指針に関する情報を提供する組織へのリンク(**添付資料 C**)が記載されている。

### 1.1.2 放射線被ばく線源

私たちは、環境において自然に常に少量の放射線にさらされている。人間は、太陽を含む宇宙空間からの宇宙線にさらされるだけでなく、土壌、水、空気、食物および体内に存在する自然発生の放射性物質にもさらされている。1800年代後半に、X線の形で機械的に生成される放射線が開発された。レントゲンの実験的研究は、X線が写真乾板上に骨格を写し出すことができることを示した。20世紀の間に、医学、産業、農業および研究における放射線の利用が急速に拡大した。核実験、工業施設からの定期的な放出や産業事故により、環境中に人工放射能が加わった。しかしながら、医療における放射線の使用は、今日最も大きな人工放射線被ばく線源である(UNSCEAR、2010)。

世界人口におけるすべての放射線源からの年間平均放射線被ばく量は、1人あたり約3mSv/年である。平均的には、人がすべての放射線源から受ける年間線量の80%(2.4 mSv)は、ラドンやその他の自然に生じる放射線源(自然放射線)に起因し、19.7%(0.6 mSv)は医用放射線によるもので、残りの0.3%(約0.01 mSv)は他の人工放射線源によるものである(図1)。どこに住んでいるかによって、集団の個々のメンバーが受ける線量に大きなばらつきがある可能性がある。例えば、自然バックグラウンド放射線レベルは地質の違いによって異なり、特定の地域では世界全体の平均よりも10倍以上高くなる可能性がある。米国では2006年に歴史上初めて、医用画像診断による放射線被ばくが、自然放射線源に代わって、ヒトへの被ばくをもたらす最大の要因となった(図2)。図3は、1987年および2006年の米国人口における医療関連被ばくの増加を示している。年間平均線量および個人線量の標準的範囲を表1に示す。図4は、医療水準が同等の国における1人あたりの年間平均放射線量に占める医療被ばくの割合の違いを表している。

## Box 1.3 本書で使用されている一般的な用語の定義について

健康リスクとは、特定の状況下で健康影響が生じたり、あるいは特定の危険にさらされたりする確率のことである。特に明記しない限り、本書ではリスクという用語を一般的に放射線の危険性の意味に用いる。既知の、もしくは認識されているリスク(例:高線量被ばくを伴う手技)と、潜在的、もしくは想定されるリスク(例:低線量被ばくの検査、大多数の画像診断検査が相当する)の区別はしない。暗黙の了解として、不確かである旨を常には明記しない。

特に明記しない限り、本書で用いられる放射線という用語は電離放射線を指している。

本書において、線量という用語を、いくつかの典型的な医用画像診断検査における放射線量の推定値を示すために用

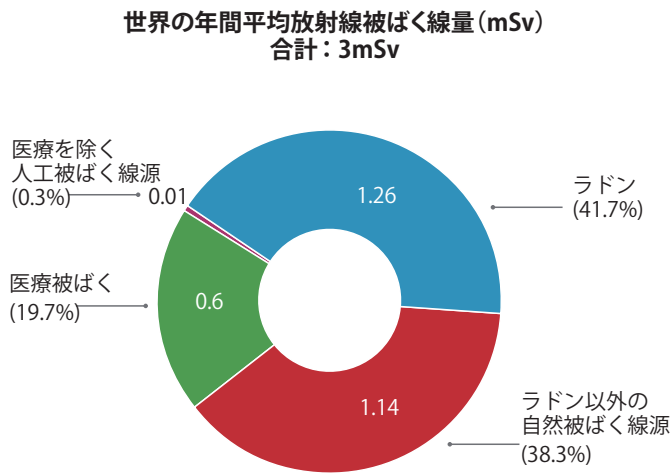
いる。これらは、正確な放射線線量測定データではなく、一般的な数値にすぎない。

特に明記しない限り、本書では、家族という用語は、小児の介護者の役割を果たし、小児画像診断における放射線の使用に関する便益とリスクに関する対話に潜在的に関与するであろう親やその他の家族のメンバーを意味する。

特に明記しない限り、本書で“procedure”という用語は一般的に、画像診断検査または画像下治療(IVR)のいずれかを指すために使用する。(訳注:文脈に応じて「検査」「治療」「手技」を使い分けて訳した。)その他の用語については、用語集(添付文書B)で定義した。

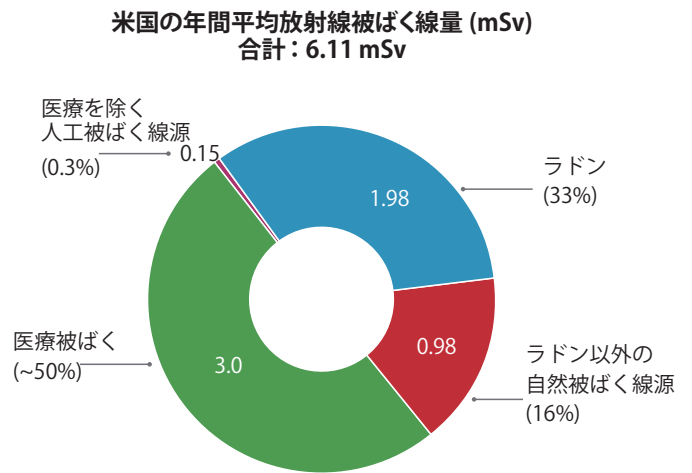


図1：世界人口における年間平均放射線被ばく線量分布



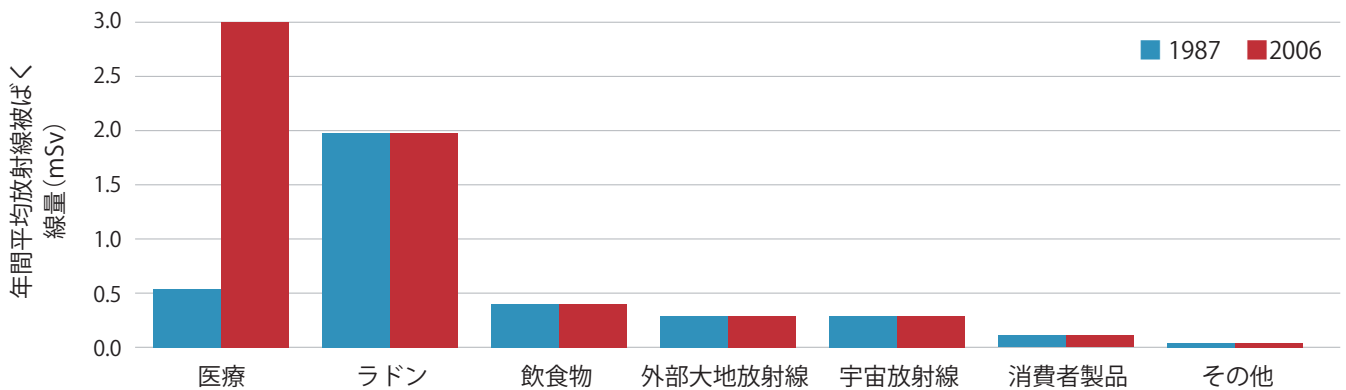
出典：UNSCEARの許可を得て転載 (2010)

図2：比較を目的として図1と同じ方法で示される米国人口における平均年間放射線被ばく線量



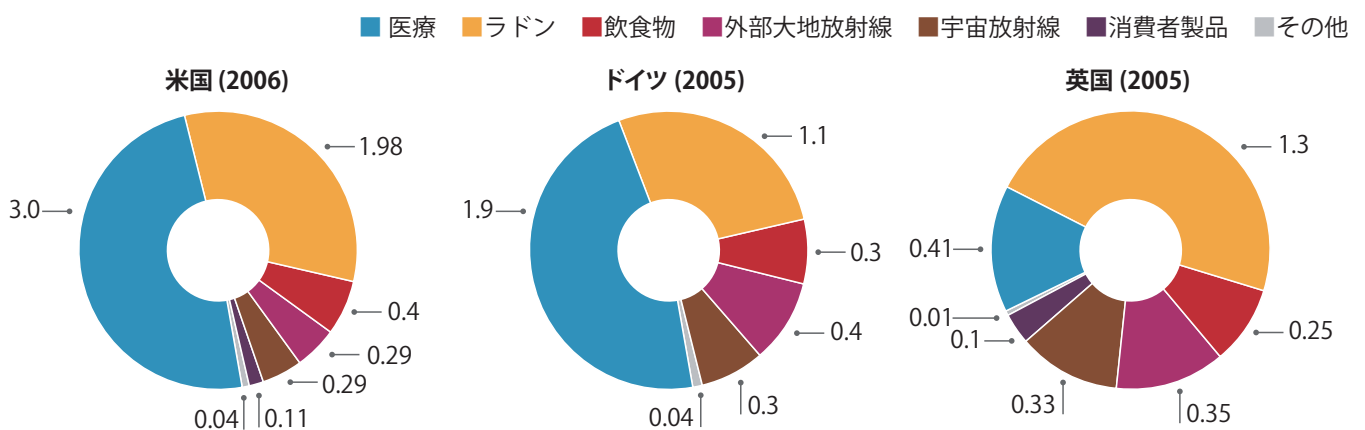
出典：NCRPの許可を得て転載 (2009)

図3：米国人口における1人あたりの年間平均放射線被ばく線量 (mSv)：医用画像撮影による被ばく線量が経時的に増加していることに注目



出典：NCRPの許可を得て転載 (2010)

図4：医療水準が同等の国における1人あたりの年間平均被ばく線量に占める医療被ばくの割合



出典：UNSCEARの許可を得て転載 (2010)

表 1. 世界全体の 1 人あたりの年間平均被ばく線量と範囲

線源または要因	世界の年間平均被ばく線量と範囲 (mSv <sup>a</sup> )
自然被ばく線源	
吸入(ラドンガス)	1.26 (0.2-10) <sup>b</sup>
摂取(飲食物)	0.29 (0.2-1)
外部大地放射線	0.48 (0.3-1) <sup>c</sup>
宇宙線	0.39 (0.3-1) <sup>d</sup>
自然放射線の合計	2.4 (1-13) <sup>e</sup>
人工被ばく線源	
画像診断(治療ではない)	0.6 (~0-20+)
その他(原子力エネルギー、過去の核実験など)	~0.005
人工放射線の合計	0.6 (~0-20+)
合計	3 (1-20+)

- <sup>a</sup> mSv: ミリシーベルト、実効線量の測定単位
- <sup>b</sup> 住居により線量がかかなり高いことがある
- <sup>c</sup> 場所により線量が高いことがある
- <sup>d</sup> 緯度に応じて線量が増加する
- <sup>e</sup> 多くの人々が 10-20 mSv 被ばくしている

出典: UNSCEAR の許可を得て転載 (2010)

### 1.1.3 今日の画像診断による放射線被ばく

過去数十年間の画像診断(特に CT) の普及と利用の増加は、数えきれないほどの生命を救い、多くの場合、より侵襲的な手技とそれに関連するリスクを回避してきた。それにもかかわらず、個人(特に小児)が不要な電離放射線の被ばくを受けたり、診断に適切な画質を得るのに必要な線量を超えて被ばくしないように、画像診断検査を最適化する必要がある。

1991 年から 1996 年にかけて、全世界の画像診断検査の年間実施件数は約 24 億件で、15 歳未満の小児では約 2 億 5,000 万件が実施されたと推定されている。画像診断検査の実施総数は、1997 年から 2007 年の期間に 36 億件を超えるまでに増加し、15 歳未満の小児<sup>1</sup> では約 3 億 5,000 万件の検査が実施された(UNSCEAR、2000; UNSCEAR、2010)。

胸部 X 線撮影は、世界全体で行われているすべての画像診断検査の 40% を占めている。中高所得国では、胸部 X 線撮影の約 9% が小児に対して行われている(UNSCEAR, 2010)。胸部 X 線撮影から受ける放射線量は非常に低い。このことが、より使用頻度の少ない他の画像診断モダリティ(撮像装置)と比べて、胸部 X 線撮影の集団線量への寄与が比較的低い理由である(表 2)。対照的に胸部 X 線撮影(X 線撮影全体の 6.3%) よりも相対頻度が低い CT が、集団線量の主要要因(43.2%) であることを示している。

<sup>1</sup> これらのデータは 15 歳までの子供のものとして収集されているが、ユニセフは小児期の上限年齢を 18 歳と定義しており、本書の意味にもこの概念が採用されている。「新生児(neonate)」という用語は、28 日齢未満の小児を指して使用されている。

小児に対する画像診断検査の実施頻度について入手可能なデータは限られているが、このうちいくつかの例を表3に示す。国によって頻度は大きく異なるが、放射線検査全体の約3~10%が小児に対して行われていると推定されている。

表2. さまざまな種類の診断X線撮影(全年齢、男女)<sup>a</sup>の相対頻度および集団線量の世界平均

X線撮影	相対頻度 (%)	集団線量 (%)
胸部検査 (PA、側方、その他)	40	13.3
四肢と関節	8.4	< 1
頭蓋骨	3.2	4.2
腹部、骨盤、股関節	5.2	4.5
脊椎	7.4	4.2
胃腸管のX線透視検査	4.8	14.5
マンモグラフィー	3.6	< 1
コンピュータ断層撮影	<b>6.3<sup>b</sup></b>	43.2 <sup>b</sup>
血管造影および画像下治療	< 1	6.1
他のX線医用画像診断検査	3	11
歯科用検査 <sup>c</sup>	13	< 1

<sup>a</sup> 小児患者の典型的な検査および線量を表3に示す

<sup>b</sup> これらの数値が太字で強調しているように、X線撮影全体のわずか6%を占める画像診断検査(CT)が世界全体の集団線量の43%に寄与している

<sup>c</sup> これには、歯科コーンビームCTの頻度に関する世界のデータは含まれていないが、それを含めても、この割合は著しく変化しないだろう

出典: UNSCEAR (2010)のデータに基づく; 許可を得て使用

表3. 医療レベル1<sup>a</sup>の国における小児(0~15歳)に実施された放射線検査

検査部位	当該部位の検査のうち、15歳未満の小児で実施された割合
<b>X線撮影</b>	
頭部 / 頭蓋骨	19%
四肢	15%
腹部	13%
脊椎 AP (頸部、胸部または腰部)	7-12%
<b>胸部 (PA および側部)</b>	9-12%
骨盤 / 腰股関節	9%
その他のX線撮影	3-9%
<b>CT スキャン</b>	
頭部 CT	8%
腹部 CT	4%
胸部 CT	5%
脊椎 CT	3%

<sup>a</sup> UNSCEAR (2010) では一般集団において国民1000人あたりに少なくとも1人の医師がいる国を医療レベル1の国と定義している

出典: UNSCEAR (2013)の許可を得て転載

歯科におけるコーンビーム CT (CBCT) の使用は比較的新しい技術である。CBCT は他の歯科 X 線検査に比べて、被ばく線量がかかなり高い。歯科における CBCT の臨床適応(正当化)、最適化、品質保証、および訓練に対する関心がますます高まっている。

(NCRP, 2003 ; European Commission, 2004, 2012)。

X 線透視検査は、依然として小児患者にとって重要な画像診断検査である。小児の X 線透視検査は、膀胱 / 尿道(排尿時膀胱尿道造影: VCUG)、上部消化管(嚥下造影および消化管造影)、および下部消化管(注腸造影)の評価に使用することができる。診断に加えて、X 線透視検査は、循環器および消化器の分野における小児画像下治療(IVR)、ならびに脳神経血管領域、整形外科および外科の画像下治療(IVR) のガイドとしてますます使用されている。X 線透視を用いた画像下治療(IVR) は、一般的な画像診断と比べて患者およびスタッフへの放射線被ばく量が增大する可能性があるが、複雑な小児外科手術につきものの重大なリスクの多くを伴うことはない。被ばく線量は、手技の種類、装置および実施状況により異なる(Tsapaki ら、2009)。

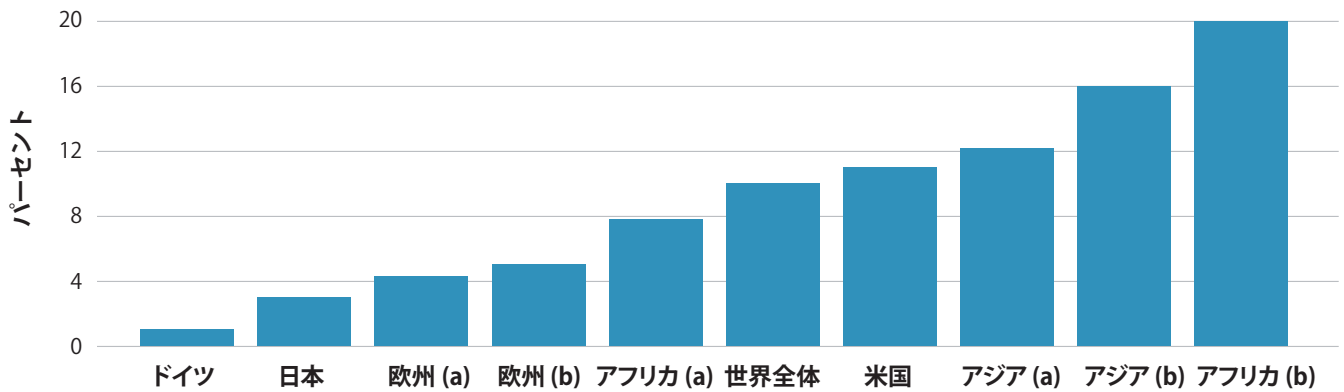
CT は、1997 年から 2006 年の間に世界全体で行われたすべての医用画像診断検査の約 6% を占め、それらの検査による総被ばく線量の 43% を占めていた。1991~1996 年に CT の集団線量への寄与は 34% であった(UNSCEAR, 2010)。現代の CT 装置では放射線量が劇的に減少しているものの、CT は現在、小児および成人の医療放射線被ばくの主な原因である。頭部スキャンは小児で実施される最も一般的な CT 検査であり、中高所得国で実施された CT の総実施件数の 8% に相当する(UNSCEAR, 2010)。超音波検査および MRI は電離放射線の被ばくを伴わないため、必要であれば小児において好ましいモダリティであるが、CT はその普及率が高く、画像取得が迅速であるため、依然として利用増加率が最も高いモダリティである(Broder ら 2007; Shenoy-Bhangle、Nimkin および Gee、2010)。

- 世界の CT 検査の 10% 以上が 18 歳未満の患者に実施されている(UNSCEAR、2010)。
- 世界全体での CT スキャン実施総件数は不明であるが、このモダリティが最もよく使われている 3 개국で CT スキャンの頻度に関するデータが入手可能であり、それによると、世界で毎年 1 億件以上の CT 検査が実施されている。
- 日本で毎年行われる全 CT スキャンの約 3% が小児に対して行われている(UNSCEAR、2010)。
- 米国の全 CT スキャンの約 11% が小児に対して行われている(UNSCEAR、2010)。
- 2005~2006 年のドイツにおける小児 CT 検査の割合は約 1% であった(Galanski、Nagel および Stamm、2006)。
- アフリカ、アジア、および東欧の発展途上国 19 国の 101 施設のデータによると、小児 CT 検査の地域別の頻度は、平均するとそれぞれ CT 検査全体の 20%、16% および 5% であった(Muhogora ら、2010)。40 国における CT 実施頻度に関する最近の研究でも、欧州の施設における小児 CT 検査の頻度が最も低いことが判明した。この研究によると、頭部 CT は小児 CT 検査全体のほぼ 75% を占めている(Vassileva ら、2012)。

図 5 は、上述した世界各地の小児 CT の使用動向をまとめたものである。

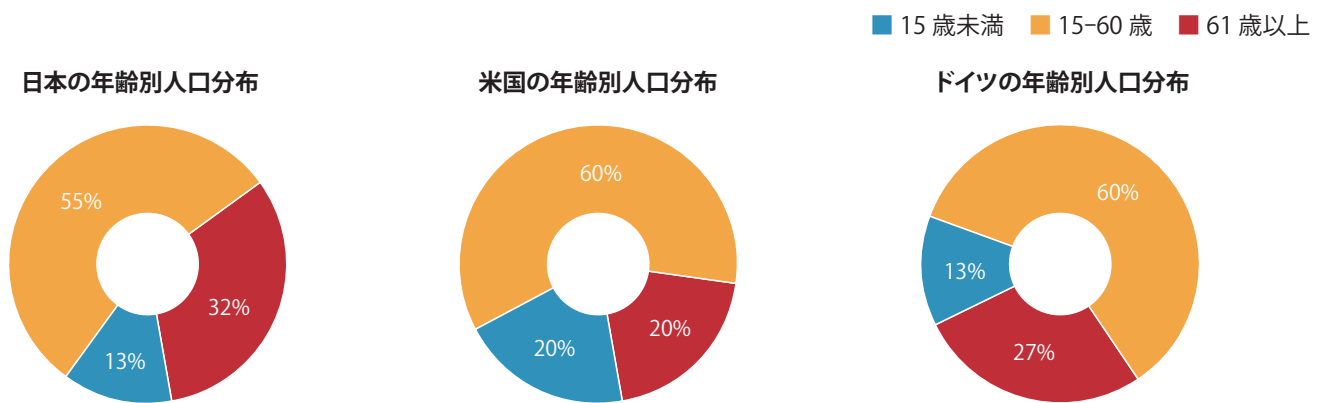
国や地域による年齢別人口分布の違いは、小児に実施された検査件数に影響する可能性がある。図 6 は、CT スキャンが最も利用されている日本、米国、ドイツの 3 国の年齢別人口分布を示す。

図5: 世界各地の小児を対象としたCTスキャン実施件数の割合<sup>a</sup>



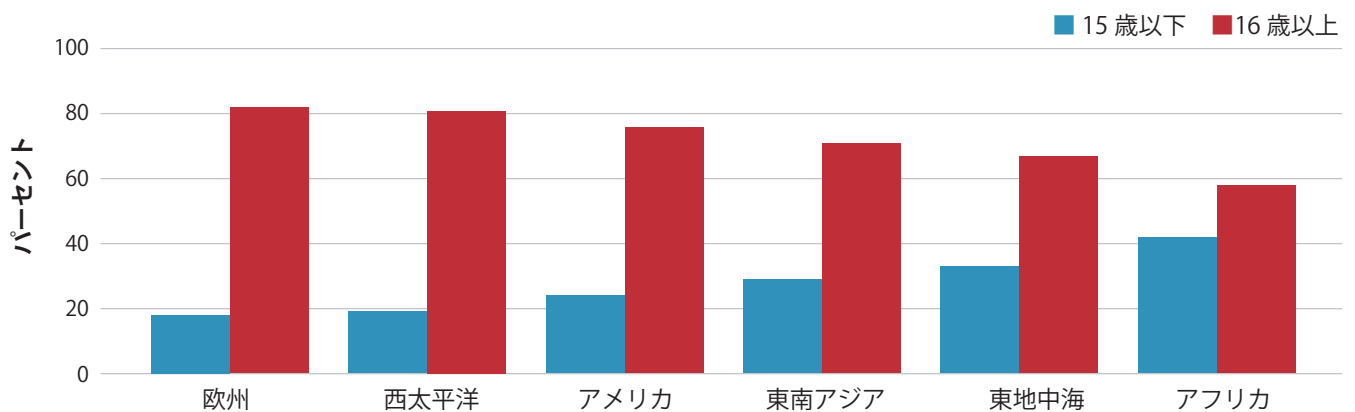
<sup>a</sup> 欧州、アフリカ、およびアジアについては異なったデータが示されている：(a) Vassileva ら (2012) および (b) Muhogora ら (2010)  
 出典：UNSCEAR (2010 年) により発表されたデータに基づく。(Galanski, Nagel および Stamm, 2006) ; Vassileva ら (2012) および Muhogora ら (2010)

図6: CTスキャンが最も利用されている3カ国の年齢別人口分布



出典: WHO (2015a)

図7: WHO 6 地域における、他年齢の人口と比較した 15 歳以下の人口割合



出典: WHO (2015a) より転載

図7は、6つのWHO地域(アフリカ、アメリカ、東地中海、欧州、東南アジアおよび西太平洋)における16歳以上の人口に対する15歳以下の人口割合を示している。

小児核医学は、さまざまな小児疾患の診断、病期分類、治療および経過観察を支援する重要な情報を提供する。その非侵襲的な性質は、小児での評価に有用である(Fahey、TrevesおよびAdelstein、2011)。全体として、核医学検査のためのスキャン総数は、過去20年間でかなり安定しているが(1991~1996年に3250万件、1997~2007年に3270万件)、これらの数値はX線を用いた画像診断検査の年間使用頻度に比べるとはるかに少ない(UNSCEAR、2010)。陽電子放射断層撮影(PET)およびPET/CTスキャンでは、患者の被ばく線量がより高い。これらの核医学検査は、悪性腫瘍の評価およびモニタリングに最も一般的に使用され、機能的および解剖学的情報を提供する(Accorsiら、2010)。しかしながら、多くの国でPETおよびPET/CTの利用は、依然として限られている。核医学検査の地理的分布はかなり不均等であり、90%の検査が先進国で行われている(UNSCEAR、2010)。

## 1.2 小児の検査における放射線量とリスク

### 1.2.1 小児検査の放射線量

個々の患者のリスクを推定するには、患者の年齢と性別を加味した臓器ごとのリスク係数を用いて個々の臓器線量についてさらに理解する必要がある。画像診断における放射線量は、「実効線量」を単位として表す場合が多い。Box 1.1(第1章)で議論したように、実効線量は、特定の医用画像診断検査の放射線量から個々の患者のリスクを定量化するためには適切ではない。患者集団が類似している場合(年齢および性別に関して)にのみ、実効線量は相対的な検査線量としての実用的価値を見出すことができる。

CTは過去10年間で爆発的な成長を遂げ、最も利用率が上昇した小児画像診断モダリティである。CTスキャンの放射線量は、胸部X線撮影よりもはるかに高いが(表4)、CTスキャンから得られる情報は非常に多いことに留意しなければならない。小児におけるCTスキャンの頻度は増加しているが、技術の向上により、検査あたりの放射線量は実質的に低減されている。今日、最新世代のCTスキャナを使用して腹部CTを実施すれば、被ばく線量を従来の単純X線撮影よりも低減することが可能である。しかしながら、検査や技術の新旧により、線量は大きく異なる(Larsonら、2015)。

核医学検査では、少量の放射能を含む放射性医薬品を吸入、摂取または注射のいずれかによって投与する必要がある。そのような検査は小児でも行われるが、成人に比べてその頻度ははるかに少ない。投与された放射性核種によっては、幼児の単位放射能あたりの実効線量は、成人の10倍にもなる可能性がある(UNSCEAR、2013)。核医学に使用される様々な放射性医薬品は、体内で非常に多様な分布を示す。小児に行われる核医学検査は成人を対象としたものとは異なり、腎臓および骨格の検査が主流である。投与された単位放射能あたりの臓器線量は、小児の方が高いことが多いが、臨床現場では投与量を減らすことによって補正可能であるし、そうすべきである。(UNSCEAR、2013; Lassmannら、2014)。

表 4. 画像検査の標準的な実効線量とそれに相当する胸部 X 線撮影回数および自然放射線の被ばく期間<sup>a</sup>

診断方法	胸部 X 線の撮影 相当回数	自然放射線への 被ばく相当期間 <sup>b</sup>	標準的な実効線量 (mSv)
<b>胸部 X 線撮影 (単純 PA 像)</b>			
成人	1	3 日間	0.02 <sup>c</sup>
5 歳児	1	3 日間	0.02 <sup>c</sup>
<b>頭部 CT</b>			
成人	100	10 ヶ月間	2 <sup>c</sup>
新生児	200	2.5 年間	6
1 歳児	185	1.5 年間	3.7
5 歳児	100	10 ヶ月間	2 <sup>d</sup>
10 歳児	110	11 ヶ月間	2.2
小児頭部 CT 血管造影 <sup>f</sup>	250	2 年間	5
<b>胸部 CT</b>			
成人	350	3 年間	7 <sup>c</sup>
新生児	85	8.6 ヶ月間	1.7
1 歳児	90	9 ヶ月間	1.8
5 歳児	150	1.2 年間	3 <sup>d</sup>
10 歳児	175	1.4 年間	3.5
<b>腹部 CT</b>			
成人	350	3 年間	7 <sup>c</sup>
新生児	265	2.2 年間	5.3
1 歳児	210	1.8 年間	4.2
5 歳児	185	1.5 年間	3.7
10 歳児	185	1.5 年間	3.7
<b>核医学検査 (5 歳児)</b>			
FDG PET CT	765	6.4 年間	15.3 <sup>f</sup>
Tc-99m 膀胱造影	9	1 ヶ月間	0.18 <sup>f</sup>
Tc-99m 骨スキャン	300	2.5 年間	6 <sup>f</sup>
<b>歯科検査</b>			
口腔内放射線	0.25	< 1 日	0.005 <sup>c</sup>
パノラマ (歯科)	0.5	1.5 日	0.01 <sup>c</sup>
頭蓋顔面コーンビーム CT	< 50	< 5 ヶ月間	< 1 時間
<b>X 線透視を用いた小児心臓 画像下治療 (IVR)</b>	300 (50 ~ 1850)	2.5 年間 (5 ヶ月間 ~ 15 年間)	中央値 6 (1 ~ 37) <sup>i</sup>
<b>X 線透視下膀胱造影 (5 歳児)</b>	16	1.7 ヶ月間	0.33 <sup>j</sup>

<sup>a</sup> 小児 CT の実効線量は、別の参照資料が明示されていない限り、表 B17「小児 CT 検査の患者線量データの概要」(UNSCEAR, 2010) のデータに基づく。

<sup>b</sup> 世界平均 2.4 mSv/年に基づく

<sup>c</sup> Mettler ら (2008)

<sup>d</sup> Image Gently のウェブサイト (<http://www.imagegently.org/>) に基づく

<sup>e</sup> これは、実年齢というよりも、その年齢における標準体型の標準小児に相当するファントムを示す

<sup>f</sup> Johnson ら (2014)

<sup>g</sup> これは、実年齢というよりも、その年齢における標準体型の標準小児に相当するファントムを示す

<sup>h</sup> 欧州委員会 (2012)

<sup>i</sup> Bacher ら (2005)

<sup>j</sup> Brody ら (2007)

最近では、インターネットベースの計算ツールが作成されており、小児患者の投与量をどのくらい減らすことが望ましいかが簡単に計算できる<sup>2</sup>。

画像診断検査での放射線量に関する対話では、一般的によく知られた放射線被ばく(胸部X線撮影または自然バックグラウンド放射線など)と比較することで、線量に対して理解しやすくなることが示唆されてきた。**表4**は、数種の小児画像診断における放射線量の比較を示す。ただし、これらの比較には、いくつか注意すべき点があるかもしれない。まず、胸部X線撮影の被ばく線量は非常に小さいため、これを分母に用いて他の放射線検査の被ばく線量が胸部X線撮影の何回分に相当するかを計算すると、その値が非常に大きくなり、患者や両親に不要な不安を与える可能性がある。

自然バックグラウンド放射線の概念は、必ずしも患者や両親、あるいは医療従事者にとってさえ、よく知られているわけではないので、放射線検査による被ばく線量を自然放射線による被ばく線量の何年分に相当するという形で説明しても、理解されにくいかもしれない。更に、自然放射線が全身被ばくを伴うのに対し、画像診断における放射線被ばくは多くの場合局所的(より限局性の)被ばくであるということも、両者を比較する際に誤解を招きやすい一因かもしれない。

### 1.2.2 画像診断における放射線リスク：放射線被ばくの健康影響

放射線に被ばくした組織および臓器に吸収されるエネルギーは、2つの異なるタイプの影響をもたらす可能性がある。一般的な画像診断検査よりもはるかに高い被ばく線量では、放射線は細胞死を誘発する可能性がある。損傷は組織機能に影響を及ぼし、臨床的に観察可能となるほど(例えば、皮膚発赤、脱毛、白内障)大きくなる可能性がある。このタイプの影響は、「組織反応」または「確定的影響」と呼ばれ、放射線被ばく線量が特定のしきい値を超える場合にのみ発生する(ICRP、2012)。

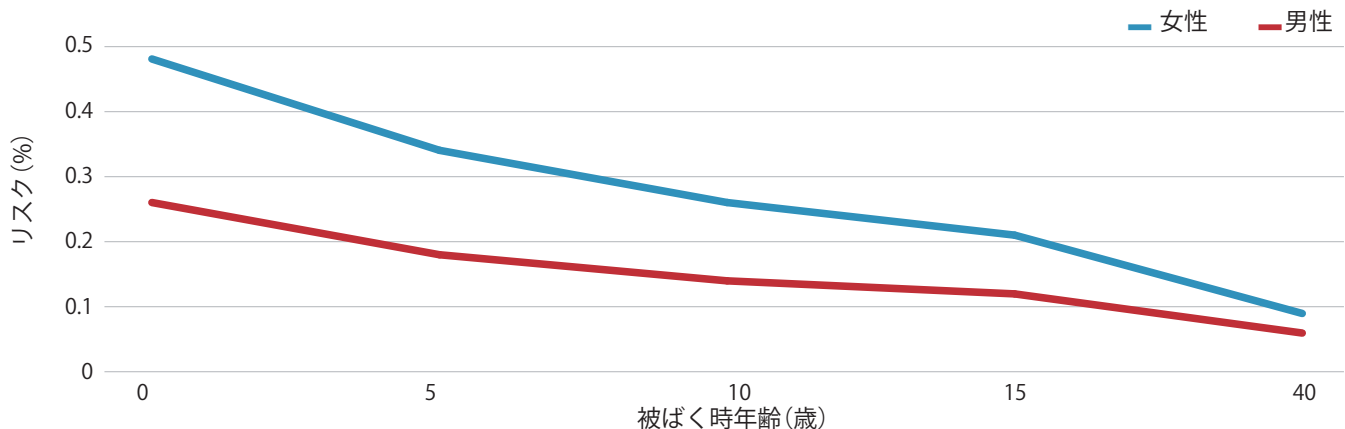
また、体内の頑強なDNA修復機構にもかかわらず、放射線被ばくは細胞の非致死的形質転換を誘導する可能性がある。除去されない形質転換細胞は、長い潜伏期間(数年から数十年)後に悪性化する可能性がある。このような性質の影響を「確率的影響」と呼ぶ。放射線防護の目的においては、被ばくと発がんリスクとの間に線形の関係が存在することを想定し、それ以下ではリスクがゼロとなるしきい値は存在しないと考えることにしている。このしきい値無し直線(linear non-threshold:LNT)モデルに基づくと、被ばく線量が低い医用画像診断検査であっても、がんの発症確率は放射線被ばく線量とともに増加すると推定される(Brennerら、2001; Brenner、2002; Brennerら、2003; BrennerおよびHall、2007; Chodickら、2007; Johnsonら、2014)。

画像診断検査などの低レベルの放射線からがんを発症するリスクは明確にされていない。前述した仮説を使用して、そのような検査からのリスク推定値を算出することは可能であるが、現時点では、そのような推定値が正しいかどうかは明らかではない。リスクが非常に小さく、推定値よりも低くなる可能性もある。本書ではこのような但し書きを時々付してはいるものの、必ずしも常に記載しているわけではなく、不確かさがあるということを暗黙の前提としている。この点について不確かさが伴う以上、検査を実行するために使用される放射線量が、診断に適切な画質を得るのに必要な被ばく線量を超えないようにする予防措置がとられている。

<sup>2</sup> <http://www.snmami.org/ClinicalPractice/PediatricTool.aspx>



図8: 米国人口の推定値に基づいた 10mSv の単回全身被ばく時の性別および年齢によって変化するがん発生の生涯寄与リスク



出典: BEIR (2006)

電離放射線に被ばくすると、臓器線量で約 50~100 mSv の範囲でいくつかのがんの発症リスクが増加することが、複数の疫学研究で示唆されている (Pearce ら、2012; Matthews ら、2013; Miglioretti ら、2013; Boice Jr、2015)。これは数回の CT スキャンで達する線量範囲である。現在の知見を考慮すると、複数回の被ばくやその累積線量に伴うリスクに不確かさはあるものの、小児画像診断検査に使用される低レベルの放射線量でも、将来的にがんを発症するリスクがわずかながら増加する可能性がある (UNSCEAR、2008; UNSCEAR、2013)。

画像診断検査中に受ける放射線量によって確定的影響を引き起こさなくてはならない<sup>3</sup>。しかしながら、画像下治療 (IVR) は、一部の患者、主に成人および体格の大きい青年においては、皮膚損傷のような確定的影響を引き起こすほどの高線量を受ける可能性がある。小児は成人に比べて特定のタイプのがんを発症しやすく、がんのような放射線誘発の長期的健康影響が生じるほどの長い余命があることから、確率的影響のリスクは小児画像診断において特に懸念される。

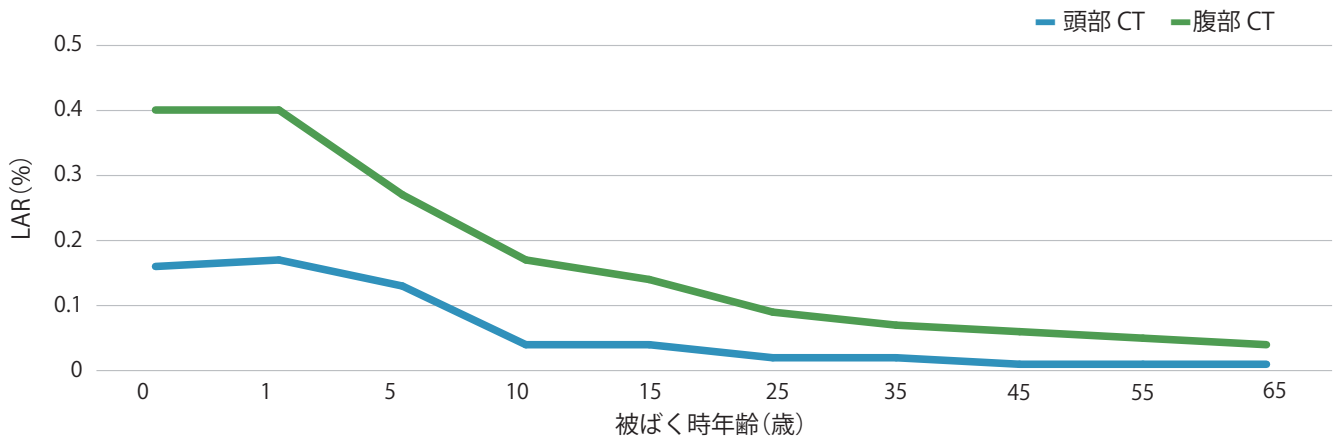
生涯を全うする中で、がんを患い (発症)、がんが原因でこの世を去る (死亡) 可能性は誰にでもある。これが、いわゆる「生涯ベースラインリスク」(LBR) である。放射線被ばくに起因するがんの早期発症または死亡の追加リスクは、「生涯寄与リスク」(LAR) と呼ばれる。LAR は、疫学研究から得られたリスクモデルを用いて算出された年齢および性別に依存するリスク量である (UNSCEAR、2008; BEIR、2006; UNSCEAR、2013)。

図8は、10mSv の単回全身被ばくによるがん発症の LAR を被ばく時の性別および年齢の関数として示したもので、米国人口の推定値に基づいて計算している (BEIR、2006)。この図は、放射線被ばくによるがんリスクは、成人よりも小児で高く、乳児で最も高いことを示している。また、放射線被ばくに関連するがんのリスクは、女性に比べて男性のほうが低いことを示している。LAR 0.2% は 1000 人中 2 人が罹患するリスクを意味し、これは小児 500 人のうち 1 人が罹患するリスクに等しいと説明すれば、Y 軸の数字は、より分かりやすいかもしれない。

図8で使用した 10mSv の全身被ばく線量は、年齢別および性別に LAR 値を提示するための例として任意に選ばれたものである。このレベルの被ばく線量は、画像診断検査の標準的

<sup>3</sup> ここでは意図しない偶発的な過剰被ばくは除外する。

図 9: 被ばく時年齢と、頭部および腹部 CT による放射線被ばくに関連するがん発生の生涯寄与リスク (LAR) との関係 (男女の平均)



な実効線量よりもかなり高い(表 4 参照)。さらに、医療被ばくに伴う放射線リスクに言及する場合には、臓器線量(実効線量ではなく)がより適切な量である。図 9 は、16 の異なる臓器の標準的な臓器線量の推定値に基づいて、さまざまな年齢で実施された頭部 CT および腹部 CT に関連するがん発症率の男女平均の LAR 値を示したものである<sup>4</sup> (Bushberg JT、米国サクラメントのカリフォルニア大学デービス校医学部、Personal communication、2015 年 12 月 15 日)。前述の LNT モデルを想定し、低線量被ばくによるリスク推定の不確かさに留意すれば、被ばく時の年齢に関して 2 つの異なる検査のリスクを比較するには、この図の値は有用だろう。図 9 で示される生涯リスクは、がん発症率が高い LBR (すなわち 1/3 以上<sup>5</sup>) や医学的に必要な CT スキャンによってもたらされる実質的な便益と比較すべきである。そうはいうものの、当面の公衆衛生上の問題として、これらの小さなリスクにさらされている大規模な小児集団の増加が懸念される(Brody ら、2007; UNSCEAR、2013)。

図 9 に示す数値は、定量的アプローチを用いて説明することができる(例えば、LAR 0.1% は、1000 人に 1 人というリスクに等しいことを意味する)。表 5~8 に示すように、定性的アプローチを使用してリスクのレベルを説明する方が簡単かもしれない。表 5 は、がん死亡リスクのレベルを説明するための定性的アプローチの例を示し、表 6 は、がん発症率のリスクを示す。説明のため、どちらの表でも、追加リスク(LAR として示される)のレベルを、がん死亡率および発症率に関する LBR とそれぞれ比較している。

最近、Johnson らは、米国人集団を対象とした BEIR VII 報告書からのデータを用いて、小児におけるいくつかの特定の放射線検査のがん発症率の LAR を計算した(Johnson ら、2014)。この研究結果の一部として、がん発症率の LBR と比較したこれらの検査に関連する年齢別および男女平均のがん発症率の追加リスクを表 7 に示す。本節で提示した一連のデータを考慮し、1 歳、5 歳、10 歳の患者について、いくつかの一般的な小児検査に関

<sup>4</sup> 以下の16群の臓器線量を推定した：口腔・咽頭、食道、胃、結腸、肝臓、胆嚢、膵臓、肺、乳房、卵巣、子宮/前立腺、膀胱、腎臓、神経系、甲状腺および骨髄。データは、ICRP 89標準ファントムを使用して、フロリダ大学工学部、放射線線量評価先端研究所 (Advanced Laboratory for Radiation Dosimetry Studies) より集められた (詳細は<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2089> を参照のこと)。試験プロトコルは、フロリダ大学で現在使用されている標準CTプロトコルおよびImage Gentlyのガイドラインを使用して決定された。リスクはアメリカ国立がん研究所 (National Cancer Institute) の放射線リスクアセスメントツール (Radiation Risk Assessment Tool: RadRAT) を使用して算出された。

<sup>5</sup> 例えば、米国におけるがん発症率の生涯ベースラインリスクは、男性で46.3%、女性で37.5%、男女平均は41.9%と報告されている。(BEIR、2006)。

するがん発症リスクの定性的特徴を表8に示す。

### 1.2.3 電離放射線に対する小児の感受性：特有の配慮

ヒトの健康に対する放射線リスクは、多くの研究と議論の対象となってきた。診断検査中に患者が受けるような低い放射線量への被曝は、小さいとはいえ、検査後数年から数十年後にがんを引き起こすリスクをもたらす可能性がある(UNSCEAR、2008)。これらの検査が適切に指示され、実行された場合には、患者の便益は放射線リスクをはるかに上回る。

表5. 様々ながん死亡リスクレベルと生涯のベースラインがん死亡リスクを比較した定性的アプローチ例

リスク要件の程度	致死がんの追加的リスクのおおよそのレベル	一般人口における致死がんの発症率(%LBR) <sup>a</sup>	追加的なリスクレベルを加えた場合の一般集団における致死がんの発症率(%LBR+%LAR)
無視できる	< 100万人に1人	20	20.00
最小限	100万人～10万人に1人	20	20.00
非常に低い	10万人～1万人に1人	20	20.01
低い	1万人～千人に1人	20	20.10
中等度	1000人～500人に1人	20	20.20

<sup>a</sup> この欄に示された20%は、BEIR VIIの表12-4(BEIR, 2006)に基づき、白血病、固形がんによるがん死亡率LBRの男女平均を四捨五入して丸めた値である。

表6. 様々ながん発症リスクレベルと生涯のベースラインがん発症リスクを比較した定性的アプローチ例

リスク要件の程度	追加的ながん発症リスクのおおよそのレベル	一般人口におけるがんの発症率(%LBR) <sup>a</sup>	追加的なリスクレベルを加えた場合の一般集団におけるがん発症率(%LBR+%LAR)
無視できる	< 50万人に1人	42	42.00
最小限	50万人～5万人に1人	42	42.00
非常に低い	5万人～5千人に1人	42	42.02
低い	5千人～500人に1人	42	42.25
中等度	500人～250人に1人	42	42.50

<sup>a</sup> この欄に示された42%は、BEIR VIIの表12-4(BEIR, 2006)に基づき、白血病、固形がんによるがん発症率LBRの男女平均を四捨五入して丸めた値である。

表 7. 小児の放射線検査に関連した追加的がん発症リスクとベースラインがんリスクの比較(男女の平均、かつ全年齢の平均)

リスク要因	一般集団におけるがん発症率(%LBR)	追加的なリスクレベルを加えた場合の一般人におけるがん発症率(%LBR+%LAR)	提言されたリスク要件
カテーテルインターベンション	42	42.36	中等度
カテーテル診断	42	42.25	低い <sup>a</sup>
頭部 CT 血管造影	42	42.16	低い
胸部 CT	42	42.15	低い
腹部 CT	42	42.12	低い
腹部 CT 血管造影	42	42.12	低い
骨盤部 CT	42	42.10	低い
頭部 CT	42	42.06	低い
バリウム嚥下食道検査	42	42.05	低い
バリウム浣腸結腸検査	42	42.04	低い
灌流肺スキャン	42	42.04	低い
X線透視下チューブ設置	42	42.04	低い
胸部 PA および側面像	42	42.00	無視できる

<sup>a</sup> 低～中等度のリスクレベルでは、便益とリスクを比較する際、患者の年齢を考慮する必要がある。

出典: Johnson ら(2014)の米国のデータを許可を得て引用した。

表 8. 一般的な小児検査における年齢別のリスクの定性的提示案(この章の提示データに基づく)

検査	1 歳	5 歳	10 歳
歯科口腔内	NA	無視できる	無視できる
胸部 X 線撮影	無視できる	無視できる	無視できる
頭部 CT	低い	低い	低い
胸部 CT	低い	低い	低い
腹部 CT	中等度	低い	低い
FDG PET CT	中等度	中等度	中等度

NA: 該当なし、FDG: フルデオキシグルコース、PET: 陽電子放出断層撮影

小児は環境的な脅威に対して特に脆弱であると考えられるため、特別な注意が向けられてきた。実際に、一部の腫瘍では、小児集団は成人よりも放射線被ばくに対して感受性が高い。この感受性の増加は、年齢とともに変化し、若年層であればあるほど感受性は高くなり放射線へのリスクは高くなる (UNSCEAR、2013)。また科学的研究から、小児における放射線誘発性腫瘍の発生には成人よりもばらつきがあり、腫瘍の種類および被ばく時の小児の性別および年齢に依存することも示されている。小児と成人の放射線感受性の違いに関するこれらの研究から、小児が甲状腺、脳、皮膚、乳がんおよび白血病の発症に対してより感受性が高いことが明らかとなっている (UNSCEAR、2013)。利用可能なデータが不十分であるため、他の多くの部位のがんについては、小児がより感受性が高いか否かを判断することはできない (UNSCEAR、2013)。

広島および長崎の原爆被爆者に関する寿命調査では、若い年齢で被爆した人のほうが高齢で被爆した人よりも発がんリスクが高いことが示された。10歳で被爆した場合のリスクは、40歳で被爆した人の約2倍である。10歳以下の小児は特に放射線の影響を受けやすい(Douple, 2011)。寿命調査やその他の研究では、若年(20歳未満)で被爆した女性は、成人となってから被爆した女性と比べて、後年約2倍乳がんを発症しやすくなる可能性があることも示されている。実際に、小児は成人よりも被ばく後にほとんどの種類のがんを発症する可能性が高いが、がんが一般的に明らかになる年齢に達するまで病気が現れない可能性がある(UNSCEAR, 2013)。

ある種の稀な遺伝的条件により、小児が電離放射線に対してより脆弱になり、その結果、放射線被ばくに対する過敏症が生じ、がんリスクが高まることがある。放射線に「過敏」な人はわずかではあるが、小児における放射線の使用を指示したり実施したりする医療従事者は、例えば、毛細血管拡張症、ナイミーヘン染色体不安定症候群およびファンコーニ貧血を含む症状に用心すべきである。多少の放射線高感受性を示すその他の症状としては、全身性強皮症、ベーチェット病およびダウン症候群が挙げられる。がんの家族歴を有する小児がん患者は、放射線誘発性二次がんおよび臨床的放射線過敏症を発症しやすい傾向もある(Bourguignon ら、2005)。

小児画像診断においては、以下の4つの主要な問題を考慮する必要がある：

1. 一部の放射線誘発性がんでは、小児は成人よりも脆弱である。その他の種類のがんについてはまだ十分な情報がない(UNSCEAR, 2013)。小児が成人よりも放射線被ばくの影響を受けやすいという一般的な認識は、部分的にしか正しくはない。放射線誘発性がんに対する小児の感受性は、半世紀以上にわたって関心を集めてきた。最近のレビューでは、小児は(一般的に)成人よりも放射線に対する感受性が2~3倍高い可能性がある<sup>6</sup>と報告されている。
2. 小児期の放射線被ばくに関連するがんは、平均すると成人期の被ばくに関連するがんよりも何年もの余命を損失させる。小児の平均余命は長い<sup>6</sup>ため、放射線誘発性の長期的健康影響が現れる可能性が高くなる。
3. 放射線誘発性がんは、長い潜伏期を有する可能性があり、これは悪性腫瘍の種類および被ばく線量によって変化する。小児白血病の潜伏期間は一般的に5年未満であるが、固形腫瘍には、潜伏期が数十年と計測されるものもある。
4. 幼い子供や幼児を撮影するとき、成人や年上の子供のために使用される線量パラメータ/設定を調整しなければ、必要以上に被ばく線量が高くなる(Frush, Donnelly および Rosen, 2003; Frush および Applegate, 2004; Brody ら, 2007)。そのような不必要な高線量(つまり、より高リスク)は、画質に影響を与えることなく実質的に低減することが可能である(防護の最適化)。

小児の疾患や負傷の診断のための放射線の使用を含む画像診断の臨床的価値は疑う余地がない。診断情報を大幅に失うことなく、放射線被ばく線量を低減するいくつかの機会が確実に存在する。個々の放射線リスクは非常に小さいとしても、多くの小児がそのリスクにさらされていることを顧みれば、小児画像診断における放射線防護は公衆衛生上の問題である。

<sup>6</sup> 低線量被ばく後の晩発影響に関する科学的証拠は、がんの誘発に関係しているが、いくつかの研究では、心臓血管疾患などががん以外の影響リスクが増加することが示唆されている。因果関係の有無を確認するためにはさらなる研究が必要である(ICRP, 2012; UNSCEAR, 2013)。



# 第2章： 放射線防護の 概念と原則

電離放射線を用いた新しい医療技術および医療機器は、疾患の診断および治療を大幅に向上させた。しかし、そのような技術や機器の不適切または未熟練者による使用は、不要なまたは意図しない被ばくや患者および職員の健康被害をもたらす可能性がある。小児画像診断の便益とリスクに関する対話を確立する際には、リスクを制御できること、適切な検査や手技を選択し、患者の被ばくを減らすための方法を使用することで、臨床的効果を低下させることなく便益を最大限に高められることを伝えることが重要である。

2.1節では、放射線防護の概念と原則を取り上げ、それらが小児画像診断にどのように適用されるかを論じる。

2.2節では、業務を改善するために、医療における放射線に関する安全文化を確立、維持するための重要なポイントについてまとめる。

# 2. 放射線防護の概念と原則

## 2.1 小児画像診断における放射線の適切な利用

### 2.1.1 医療における放射線防護の基礎

#### 2.1.1.1 画像検査における依頼医および医療従事者

電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準(International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources : BSS) では、放射線防護および医療被ばくにおける安全性に関わる医療従事者の責任を定めている(BSS, 2014)。BSSは、医療従事者を「健康(医学<sup>1</sup>、歯学、カイロプラクティック、足病学、看護学、医学物理学、医療放射線技術学<sup>2</sup>、放射性医薬品、労働衛生など)に関する専門的業務を行うために国の適正な手続きを通して正式に認められた者」と定義している。

BSSでは、放射線医療従事者(RMP)を「患者への放射線照射に責任を持ち、特定の専門領域における医療被ばくを伴う検査や手技を自ら行う能力を有する、もしくは監督する能力を有する、放射線医療の専門教育と訓練を受けた医療従事者」と定義している(BSS, 2014)。放射線医療従事者は、放射線防護および患者の安全に対して主たる責任を負う者である。放射線医療従事者の認定、認証または登録のための公的な仕組みをもつ国もあれば、国際基準または国家基準に基づく教育、訓練および能力の適切な評価がまだ行われていない国もある。

本書において、放射線医療従事者という用語は、放射線検査や手技を行う可能性がある医療従事者の大きな集団を包括的に指す(BSSでも同様に定義されているように)。また、必要に応じてより具体的な用語が使用される(「放射線科医<sup>3</sup>」など)。放射線医療従事者の概念には、画像診断学、インターベンショナルラジオロジー(画像下治療)、放射線腫瘍学および核医学など、主に医療で電離放射線を使用する典型的な医療専門分野が含まれる。しかし、歯科医、カイロプラクティック施術者、足病医のように、より狭い領域で放射線医療従事者の専門知識が用いられる場合もある。同様に、循環器科医、泌尿器科医、消化器科医、整形外科医または神経科医が極めて専門的な方法で画像診断および画像下治療(IVR)を行うこともある。さらに、臨床医が胸部X線撮影などの従来の画像診断検査を行い読影する国もある。

<sup>1</sup> 医師および医師の助手(physicians' assistant)を含む。

<sup>2</sup> これには、X線技師および画像診断、画像下治療(IVR)、核医学などの分野で働く診療放射線技師(訳注：本邦では radiographer も radiological technologist も診療放射線技師と称しているため、本邦の実情に合わせた訳にした。)が含まれる。

<sup>3</sup> 本書において、「放射線科医」という用語は、画像診断および/または画像ガイド下介入治療(IVR)を含む一般的な意味で使用される。画像診断と画像ガイド下介入治療(IVR)が異なる分野として確立している国もあり、そうした国ではそれぞれに特定の研修医制度および専門医認定制度がある。



本書において「依頼医」とは、画像診断検査のために初めに患者を放射線医療従事者に紹介する医療従事者である。特に小児画像診断において最も多く患者を画像診断検査に紹介する医療従事者は、小児科医、家庭医もしくは一般開業医である。救急医、小児科専門医、医師の助手 (physicians' assistant)、およびその他の小児医療提供者は、日々の診療の中で小児画像診断検査を依頼することが多い。結局のところ、どの医療従事者も小児患者の画像診断検査に紹介する必要があることから「依頼医」とみなされる。通常、依頼医と放射線医療従事者は異なる者である。しかし、一人が両方の役割を担うこともある。これは自分自身への依頼とみなされる。例えば、歯科医は、X線撮影を適応とすべきかどうかを決定し、画像を読影する。また歯科医自らがX線撮影を行う国も多い。

放射線部門の画像診断検査担当スタッフは、一般に、放射線科医、診療放射線技師、医学物理士、看護師を含む多分野にわたるチームで構成されている。

### 2.1.1.2 医学における放射線防護の原則

画像診断検査に伴う放射線被ばくに関連する個々のリスクは一般的に低く、便益は大きい、多くの人が被ばくすることが公衆衛生上の問題となっている。正当化と最適化は、以下の通り医療被ばく<sup>4</sup>における放射線防護の2つの基本原則である。

1. 医療被ばくは、放射線被ばくを伴わない代替可能な技術の便益およびリスクを考慮し、考えられる診断上または治療上の便益を放射線障害の可能性と比較検討することによって正当化されなければならない。検査には損害を上回る便益があると判断される必要がある。
2. 正当化の原則は、以下に述べる医学における3つのレベルに適用される(ICRP、2007a)：
  - レベル1は、医学における放射線の適切な使用が、社会にとって損害を上回る便益をもたらすものとして受け入れられること。
  - レベル2は、関連した症状がある患者の集団、または発見や治療が可能な臨床症状を起こす危険性がある個人の集団に対して、特定の検査の適用が正当化されること。
  - レベル3は、その患者において損害を上回る便益があると判断された場合に、個々の患者への特定の検査の適用が正当化されること。
3. 特定の放射線検査の正当性は、一般的に、国の保健当局および専門家が承認している(特定症状リスクがある人々に検査を推奨することなど)<sup>5</sup>。
4. 患者に対する検査を正当化する責任<sup>6</sup>は、医療を提供する過程に直接関わる個々の専門家(依頼医である主治医、放射線医療従事者)にある。画像診断検査の照会ガイドラインでは、エビデンスに基づく基準から作成された臨床における意思決定のためのツールが提供されており、医療従事者が意思決定を行う上で有用である(詳細は

<sup>4</sup> 放射線防護体系は、正当化、最適化、線量限度という3つの原則に基づいている。しかし医療被ばくの場合は、線量の制限が患者の診断や治療の有効性を低下させ、便益を上回る損害をもたらす可能性があるため、線量限度は適用されない(ICRP、2007a)

<sup>5</sup> これは「一般的な正当化」(レベル2)である。

<sup>6</sup> これは「個々の正当化」(レベル3)である。

2.1.2 項を参照)。検査の正当性は、関連する病歴、過去の画像診断、臨床検査および治療に関する情報を含む総合的な患者情報の専門的な評価に基づき決定されなければならない。

5. 特に小児や妊婦(とりわけ、腹部および骨盤部の撮像において胎児が直接被ばくする可能性がある場合)においては、適切および利用可能な場合は、例えば超音波(音波)または MRI (高周波および電磁波)などの電離放射線を使用しない撮像装置が望ましい。患者の容態が変化した場合、または変化する可能性がある場合、しばらく撮像を延期することも検討する必要がある。最終決定は、コスト、専門知識、必要な人材や物品が調達できるかどうかによる。また患者の価値観の影響を受ける可能性もある。

放射線防護体系において、最適化とは線量を「合理的に達成可能な限り低く」(ALARA)することを意味する。特に画像診断検査の場合、ALARA は、適切な診断画像を取得するため

## Box 2.1 小児に電離放射線を用いた不適切な検査が実施されると考えられる理由

- 放射線量とそれに関連するリスクに対する意識の低さ
- 電離放射線を使用しない、より適切な画像診断法(利用可能な場合は超音波または MRI など)を検討または認識していない
- 妥当性の基準/画像診断検査のガイドラインが利用できない、または無視されている
- 過度の、または不要な繰り返し検査
- 正当化のために提供される臨床情報が不足、不正確、または不明確
- 依頼医やその他の専門家からの圧力
- 臨床診断への信頼の欠如と画像診断への過剰な依存
- 根拠に基づく医療により裏づけられていない個人的または事例的経験への依存
- 受診者側の要望(患者および/または家族の期待)
- 対応へのプレッシャー(例えば、救急部門の患者への迅速な対処)
- 不適切な画像診断検査の追加依頼を含む、自分に対しての検査オーダー
- 代わりの画像診断法のリソース、すなわち専門技術および/または設備が利用できないこと(例えば、通常の勤務時間外に超音波検査を実施すること)
- 医療過誤訴訟に関する懸念(防衛医療)
- 画像診断の専門家の報告書による不適切なフォローアップ画像検査の推奨
- 最新技術の販売促進や売り込みに対するプレッシャー
- 依頼医と放射線科医の間の対話や相談の欠如

## Box 2.2 防衛医療：強い動機づけ

「防衛医療」という用語は、苦情や批判を軽減または防止するため、標準的な医療行為から逸脱するという意味で使用される。医師は、訴訟の脅威に対処する目的で、より多くの検査を依頼・オーダーする可能性がある。そのうちのいくつかは診療ガイドラインで推奨されており、便益があるかもしれないが、他のいくつかについては無駄で有害な可能性もある。下記は、Massachusetts State-wide Survey on Defensive Medicine (マサチューセッツ州の防衛医療に関する全州調査)の結果の要約である(<http://www.massmed.org/defensivemedicine/>)：

- 2007 年から 2008 年の間に 3650 人の医師を対象に調査。
- 83% が防衛医療を実践したと報告した。
- 彼らの自衛的な臨床における行為は、以下に示すものの過剰な使用に関連していた：
  - 単純 X 線撮影：22%
  - CT スキャン：救急医および産婦人科医では 33%、その他の専門分野では 20%
  - 臨床検査：18%
  - 入院：13%

に必要な線量を最小限にとどめることを意味する。これは、「患者の放射線量が医療上の目的に見合うよう管理すること」という表現によって最も適切に言い表されている (ICRP, 2007a および 2007b)。

### 2.1.2 検査の正当化と妥当性

小児画像診断に関連する放射線量を減少させる最も効果的な手段は、不要または不適切な検査の数を減らすこと、またはできればそのような検査をなくすことである。

依頼医と放射線医療従事者による検査の正当化(2.1.1 項参照)は、患者が不要な放射線被ばくを避けるために画像診断検査を受ける前に行うべき重要な対策である。大半の放射線学的検査は正当なものである。しかし、電離放射線を使用しない臨床評価または画像診断法によりの確な診断が行われ、X 線を使用せずに済むこともある。例えば、CT は小児の腹痛を調べるための正当な手段であるが、超音波検査の方がより適切であることが多い(図 10、11、および 12 参照)。

#### 2.1.2.1 不要な検査

画像診断検査の過度の使用は、本来なら回避可能なリスクをもたらし、医療費を増加させる可能性がある。一部の国では、かなりの割合の放射線検査(30% 以上)についてメリットがあるかどうか疑わしく、患者の健康管理に貢献していない可能性があるとされている (Hadley, Agola および Wong, 2006 ; Oikarinen ら, 2009)。画像診断において放射線が不適切に使用される理由のいくつかを **Box2.1** および **2.2** に示す。

小児画像診断における放射線の不適切な使用に起因する正当化されないリスクが、実際どれ程の規模かは明らかにされていない。例えば、米国では毎年おそらく、成人については 2000 万件、小児については 100 万件以上もの CT 検査が不必要に行われていると推定されている (Brenner および Hall, 2007)。

図 10: 小児の腹痛に対する英国王立放射線科専門医会 (Royal College of Radiologists) のガイドライン

Investigation	Dose	Recommendation [Grade]	Comment
US	None	Indicated [D]	There are many causes of acute abdominal pain. US is a useful first investigation but needs to be guided by clinical findings.
AXR	☠	Specialised investigation [C]	AXR is rarely of value and is best performed under specialist guidance. Generally AXR is not undertaken before US.
CT	☠☠☠	Specialised investigation [B]	Although CT is more sensitive than US for the diagnosis of appendicitis, specificities are similar and the strategy for imaging should take into account radiation dose and clinical features.
MRI	None	Indicated only in specific circumstances [B]	Following abdominal US, when TVUS is not feasible, MRI is occasionally helpful for evaluating pelvic masses in girls.

出典: RCR (2012) ; Royal College of Radiologists の許可を得て複製

図 11: 米国放射線専門医会 (American College of Radiology) による小児の右下腹部痛に対する妥当性の基準

その 4: 小児 (14 歳未満) における発熱、白血球増加症、虫垂炎の疑い、非定型像

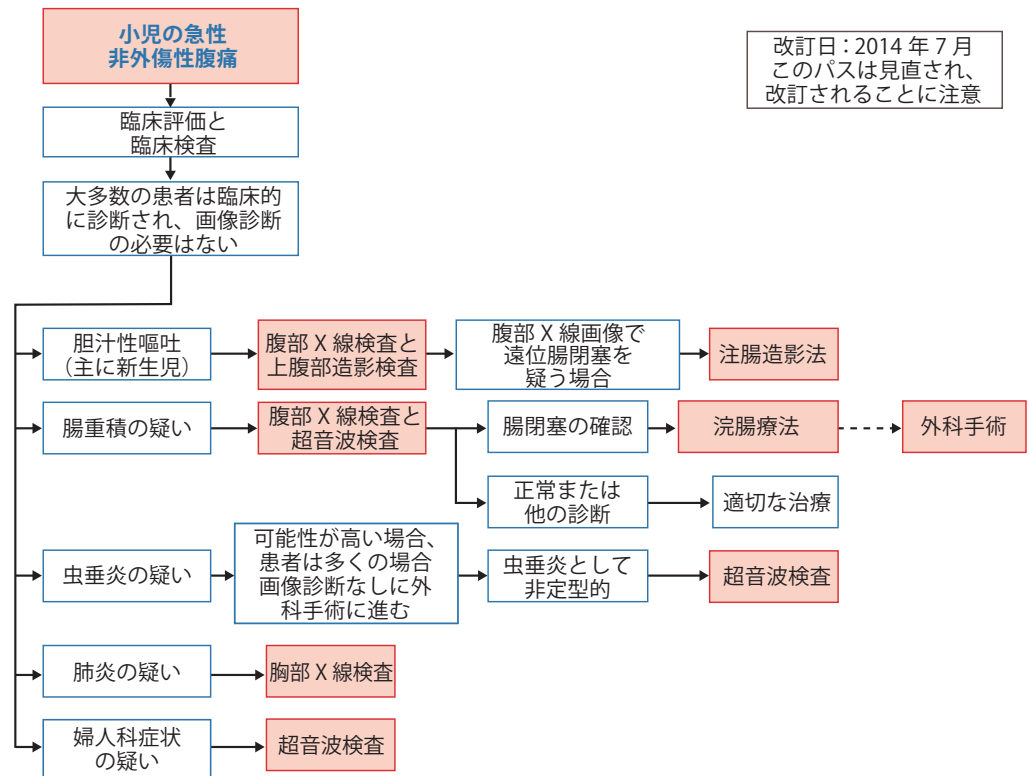
放射線検査	評価	コメント	RRL*
右下腹部超音波検査	8	Graded compression 法を併用	○
腹部および骨盤部造影 CT	7	超音波検査で異常なし、または不明瞭である場合、有用な可能性がある。経口または直腸造影剤の使用は施設の判断による。右下腹部限局の CT を考慮する。	▲▲▲▲▲
腹部 X 線撮影	6	遊離ガスまたは閉塞の除外に有用な可能性がある。	▲▲
骨盤部超音波検査	5		○
腹部および骨盤部非造影 CT	5	経口または直腸造影剤の使用は施設の判断による。右下腹部限局の CT を考慮する。	▲▲▲▲▲
腹部および骨盤部造影および非造影 MRI	5	「予想される例外」の造影剤に関する記述を参照。	○
腹部および骨盤部造影および非造影 CT	4	経口または直腸造影剤の使用は施設の判断による。右下腹部限局 CT を考慮する。	▲▲▲▲▲
腹部および骨盤部非造影 MRI	4		○
X 線注腸造影	3		▲▲▲▲▲
腹部および骨盤部 Tc-99m WBC スキャン	2		▲▲▲▲▲

評価スケール: 1, 2, 3 通常適正でない、4, 5, 6 適正な可能性あり、7, 8, 9 通常適正。

\* 相対的な放射線レベル

出典: ACR (2015)、American College of Radiology の許可を得て複製

図 12: 西オーストラリアの小児の腹部痛に対する画像診断パスに関する指針



改訂日: 2014 年 7 月  
このパスは見直され、  
改訂されることに注意

出典: Western Australian Health Department、画像診断パス、許可を得て複製

<http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au/index.php/imaging-pathways/paediatrics/acute-non-traumatic-abdo-minal-pain#pathway>.

他の医療施設で既に実施された画像診断検査を繰り返すことは、そのような不要な検査のかなりの部分を占めている。この繰り返しを避けるために、過去の診察内容(画像および報告書を含む)を詳細に記録し、他の医療従事者が診察時に利用できるようにすべきである。このことは、個々の患者の画像診断検査の履歴を残すのに役立つであろう。放射線被ばくを追跡するために使用される方法として、紙による記録(線量カードなど)ならびに電子記録(スマートカードやソフトウェア)などがある (Seuri ら、2013 ; Rehani ら、2012)。

### 2.1.2.2 適切な検査の選択

電離放射線を利用した画像診断検査を選択する場合、便益とリスクの比を慎重に検討しなければならない。有効性、安全性、コスト、分野の専門知識、必要な人材や物品の調達、アクセスに加えて、患者のニーズおよび価値観は考慮すべき点である。

適切な臨床情報は、依頼医、放射線科医または核医学専門医による最も有用な手技の選択を可能にする。画像診断検査は、その結果(陽性・陰性を問わず)が患者のケアに影響を与えたり、診断の信頼性を高めたりする場合に有用である。さらに考慮しなければならないことは、患者、家族、または介護者(患者を介護する近親者)を安心させることである。

### 2.1.2.3 画像診断照会ガイドライン

ある臨床症状に直面したとき、依頼医は最良の医療に基づいて判断を下す。しかし画像診断の複雑さと急速な進歩により、依頼医はエビデンスに基づく診療基準の変化についていくことが難しくなっている。通常、国の保健省と連携した専門家集団により、画像診断の正当化のための指針が示されている。

これらの画像診断照会ガイドラインは、依頼医および放射線科医、ならびに患者とその介護者に、適切な検査を選択するために必要な情報を提供するエビデンスに基づいた推奨事項を示すことによって、正当化を支援する(Perez, 2015)。米国放射線専門医学会による妥当性の基準(ACR Appropriateness Criteria®)<sup>7</sup>、英国王立放射線科専門医会(RCR)による iRefer : 「臨床放射線の最適利用のために」<sup>8</sup>、および Western Australian Diagnostic Imaging Pathways<sup>9</sup> はガイドラインの例である(ACR, 2015 ; RCR, 2012)。エビデンスに基づく画像診断照会ガイドラインは、世界的に広く受け入れられている。よく見られる疾患で、有病率が同じであれば、世界の各地域で同様な指針が作成されているのは当然である(図 10、11、12 参照)。

画像診断照会ガイドラインは、専門家のアドバイスを含む、利用可能な最良のエビデンスに基づいて体系的に開発された推奨事項であり、適切な患者管理において特定の臨床症状に最も適した検査を選択できるように、依頼医をガイドするように設計されている。画像診断を適切に使用するための照会ガイドラインは、臨床症状に対して最も有益な結果をもたらす特定の画像診断検査に関する情報や、より低線量の別のモダリティが同等もしくはより効果的でより適切かどうかについての情報を提供する。このようなガイドラインにより、検査の実施件数を最大 20% 削減することができる(RCR, 1993 および 1994 ; Oakeshott, Kerry および Williams, 1994 ; Eccles ら、2001)。

<sup>7</sup> <http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/AppCriteria/Diagnostic/RightLowerQuadrantPainSuspectedAppendicitis.pdf>

<sup>8</sup> <http://www.rcr.ac.uk/content.aspx?PageID=995>

<sup>9</sup> <http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au/index.php/imaging-pathways/paediatrics/acute-non-traumatic-abdominal-pain#pathway>

エビデンスに基づくガイドラインは、実効線量を考慮し、画像診断検査を要請する際の妥当性を示すことによって、優れた医療の実践(medical practice)をサポートする。これらは、一般的な正当化(レベル2)を行い、個々の正当化(レベル3)のための情報を提供する手助けをする(第1.1.3項参照)。特定の臨床的症候を調べるために行われた画像検査が、診断および治療に与える影響を評価するために世界中のエビデンスが使用されている。その際に、それぞれの診断に固有の特異性が考慮されている。

画像診断照会ガイドラインは、強制的ではなく推奨である。その内容を遵守する義務はないが、依頼医がこれらの勧告から逸脱するには十分な理由が求められる。表9には、画像診断ガイドラインの使用とともに、医用画像診断検査の正当化の判断を行う際に依頼医をサポートするであろういくつかの質問例を示す。疑問がある場合は、依頼医は放射線医療従事者<sup>10</sup>に問い合わせる必要がある。ガイドラインの使用状況のモニタリングは、コンプライアンスを強化する目的で医療監査の際に評価されることもある。

表9. 依頼医が画像検査を検討する際のソクラテス式問答<sup>a</sup>

依頼医が答えるべきこと	防ぐことができる無駄な医療被ばく
既に検査は実施されていますか？	すでに行われている検査を不必要に繰り返すこと
その検査は私に必要ですか？	結果が患者の管理に影響を及ぼす可能性が低いにも関わらず検査を実施すること
今私に必要ですか？	検査が時期尚早である
これは最善の検査法ですか？	間違った検査を実施すること
私は問題を説明しましたか？	画像診断検査によって適切な臨床情報および疑問が提供されないこと

<sup>a</sup> 放射線科教育で用いられてきた博学思考を刺激する古典的方法(Zouら、2011)

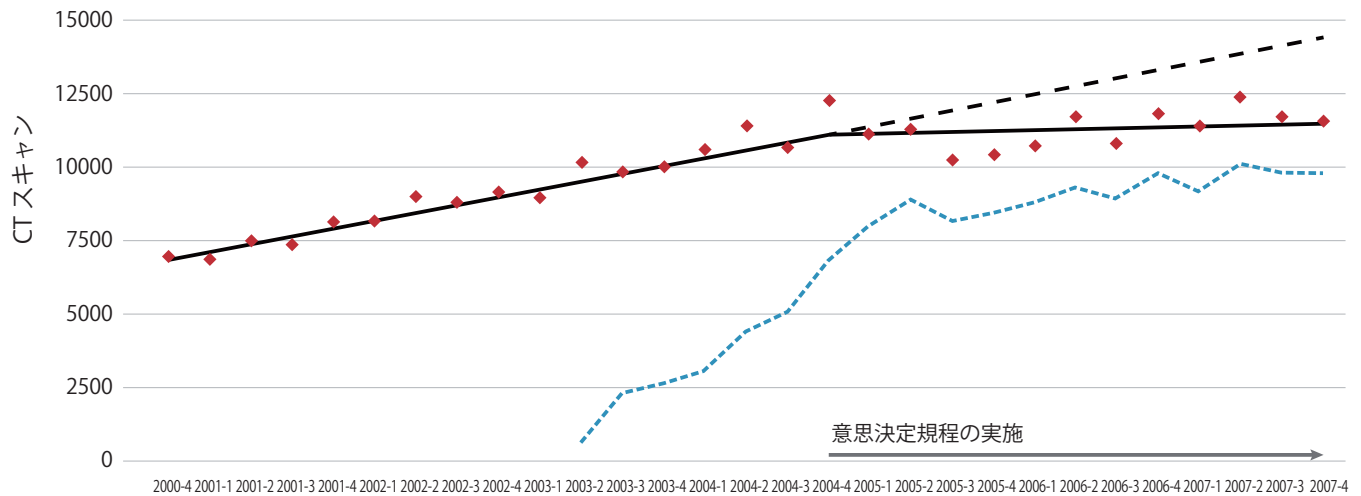
出典: Royal College of Radiologists の許可を得て RCR (2012) から転載

#### 2.1.2.4 適切性と臨床における意思決定支援

画像診断をより適切に依頼できるようにするためのシステムには、臨床のワークフローを介して、なるべくなら「リアルタイム」に得られる患者ケアのパスやコンピュータ化された意思決定支援がある。このようなシステムが成功するためには、意思決定を行うまさにその時間と場所において、推奨事項が得られる必要がある(Kawamotoら、2005)。臨床における意思決定支援(CDS)を放射線検査依頼システムに統合することにより、増加するCT利用率を抑える可能性がある。図13に示すように、CT実施件数の増加および増加率の大幅な減少がCDSシステムの導入後に報告されている(Sistromら、2009; Sistromら、2014)。

複数の長期にわたる研究から、放射線検査を依頼する過程へのCDSの統合は臨床医の期待に沿うものであり、特に救急部門における検査依頼の妥当性を向上させることが示されている(Rajaら、2012)。既存の放射線情報システムおよび臨床情報システムへの接続やインターフェースの技術的課題もあるが、それとは別に、コンピュータ依頼入力システムの「ソフト停止」の回避や、すべての臨床症状および個々の患者へのガイド

<sup>10</sup> 本書におけるこの用語の定義については用語集を参照のこと。放射線科医および核医学専門医だけでなく、画像下治療(IVR)を行う循環器科医および放射線を用いた医療手技を行う責任があるその他の医師も含まれていることに留意する必要がある

図13: 意思決定支援システムの導入がCT検査の実施件数の増加に及ぼす影響<sup>a</sup>

<sup>a</sup> 赤四角は四半期あたり(x軸)の外来CT検査の実施件数(y軸)の分布を示す。2004年第4四半期から適切なフィードバックが開始され、調査期間中継続された(右下の矢印)。実線は、区分回帰の線形成分を表す。2004年第4四半期に区切りとなるポイントが見られる。破線は、意思決定支援システムが適用されない場合に予測される線形的な増加を示している。点線および青緑色の円は、コンピュータ放射線検査依頼入力システムによって依頼されたCT検査数を示す。

出典: Sistromら(2009)、許可を得て転載

ラインの適用性がカバーできないことをCDSの限界として挙げることができる。それにもかかわらず、CDSは、エビデンスに基づく画像診断検査の照会ガイドラインを依頼時に利用するための有用なツールであり、過去の画像診断検査などを含めた他の関連性のある有益な情報を提供することができる。

### 2.1.3 最適化：小児の体格に応じた検査

高度な画像化技術の開発により、画像診断は小児の臨床評価においてますます重要な要素となっている。小児放射線検査の実践には、従来型のX線検査(スクリーンフィルム、デジタルX線撮影(訳注: コンピューターラジオグラフィ(CR) およびデジタルラジオグラフィ(DR)を指す)、X線透視法およびコンピュータ断層撮影法(CT)など多くの異なるモダリティが用いられる。これらはすべて、X線を使用して、放射線が通過する解剖学的構造の「画像」を取得するものである。画像技術の最新の進歩により、画像の取得および後処理が大きく向上した。これらの技術の進歩を十分に理解しないと、不要な放射線被ばくをもたらし可能性がある。特に診断上の便益に悪影響を及ぼすことなく、小児が受ける放射線量を低減する方策がとられることが多い。

成人用のパラメータを使用すると、小児に必要な以上の放射線被ばくをもたらし可能性がある。小児においては、正確な診断が得られる必要最低限の線量での撮影を行うように、線量設定を個別に調整する必要がある。これは、「1つの線量がすべての患者に適しているわけではない」というImage Gentlyキャンペーン<sup>11</sup>の言葉に要約されている。

<sup>11</sup> Image Gentlyキャンペーンは、Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imagingによる教育および啓発キャンペーンである。詳細な情報は<http://imagegently.org>

### 2.1.3.1 小児放射線医学における放射線防護の最適化<sup>12</sup>

小児放射線医学において患者の被ばく線量を低減するためには、いくつかのポイントがある。医療を提供するすべての関係者間で対話し協力することは、こうしたポイントを見つけて、活用する上で役立つ。次に依頼医たる主治医と放射線科医の間のより効果的なコミュニケーションを行うことで、これは最適化のプロセスを促進するだろう。主治医から提供される情報(つまり、読みやすく明確に表現された依頼)には、画像診断によって解決可能な臨床上の問題が含まれていなければならない。この情報は、検査が正当化されたものであるかどうかを判断するために必要であり、また、可能な限り低い放射線量で、当該検査に特異的な情報を得るのに適した画質を得るために、技術的パラメータを調整し、検査プロトコルを最適化するのにも役立つ可能性がある(Linton および Mettler、2003)。

### 2.1.3.2 小児の単純 X 線撮影

小児の単純 X 線撮影は、標準的なフィルムベースの画像化と CR および DR からなる。後者 2 つはデジタル技術である。CR では、後でイメージリーダに転送される露光情報を格納するプレートを使用する。これはポータブル検査でよく使用される技術である。DR では、中間保存・転写プレートを使用せず、露光後すぐに画像を生成する。いずれのモダリティでも、臨床目的に合致するようにさまざまな技術と技能が活用されることにより、線量が最適化される(ICRP, 2013b)。

CR および DR は、常にアクセス可能(フィルムのように紛失の危険性がなく、すぐに DICOM 画像にて閲覧が可能)であることや画像処理ができること(例えば、拡大、コントラストと輝度の調整、大きなダイナミックレンジ)など、スクリーンフィルムと比較して大きな利点がある。しかしながら、以下のように、患者の被ばく線量を増加させるリスクもある。具体例を言えば、露出が過剰なフィルムベースの画像は暗いが、デジタル技術は、画像取得後に輝度およびコントラストを変更することによって、この過剰な露出を補償することができる。さらに、複数の照射で加工された写真のうち、画質の悪いものは排除され、読影されることはない。(以前のフィルムベースの技術では、フィルムや「フィルムバレル」の使用によって露光不足を監視することが可能であった)。さらに、後処理により、読影に適した画像が作成された場合、元の画像において実際にどれほど露出がなされたかは示されない。後処理に慣れていない場合、表示される画質も低下する可能性がある。

CR /DR における放射線防護の最適化を確実にするためには、教育と訓練、ならびに線量管理に対する効果的なチームアプローチ(すなわち、放射線科医、医学物理士および放射線技師を含む)が不可欠である(Uffmann および Schaefer-Prokop、2009、ICRP、2007b)。

### 2.1.3.3 診断に用いる透視

透視は、X 線を使用して、特殊な検出器によって取得された身体画像を基本的にリアルタイムで作成し、スクリーン上で観察するモダリティである。患者、家族、その他の介護者との対話では、動画の例えが役立つことが多い。単純撮影は 1 回の照射または X 線撮影に相当するが、X 線透視画像は X 線を用いた動画である。現在のデジタル技術では、検査

<sup>12</sup> 本書が放射線防護に焦点を当てていることに注意されたい。小児画像診断に関連するその他の患者の安全性の問題(造影剤によって生じる可能性のある有害作用など)は扱っていない。



結果をCDに簡単に記録することができる。透視では運動を記録できるため、この技術は胃・腸管の評価(造影検査など)に理想的である。透視は、さまざまな診断および画像下治療(IVR)を誘導する上で特に有用である(下記参照)。しかし透視は、比較的高い患者線量をもたらすことがあり<sup>13</sup>、カメラが「オン」である全透視時間が、患者の被ばくに影響を与える大きな要因となっている。いくつかの具体的な対策により、透視検査における小児患者の不要な放射線被ばくを低減することができる(ICRP、2013b)。

#### 2.1.3.4 インターベンショナルラジオロジー(画像下治療)

インターベンショナルラジオロジー(画像下治療(IVR))は、超音波、MRI、CTまたはX線撮影、透視等のガイド下で、カテーテルや針などの小型医療機器を用いて行う低侵襲の手技である。X線透視を用いた画像下治療を小児に対して施行する場合、放射線安全性に関する特有の問題が生じる。透視で用いられる線量は比較的高く、稀にはあるが、特に体格の大きな青年において皮膚損傷などの組織反応(「確定的影響」とも呼ばれる)を招くことがある<sup>14</sup>。しかしながら、組織反応がCTガイド下手技の後で起こることは非常に稀である。複雑な画像下治療は高い線量を必要とするが、その正当性はケースバイケースで評価されなければならない。防護を最適化するための具体的な対策を実施することによって、放射線リスクを最小限に抑えることができる(Sidhuら、2010; NCRP、2011)。

手技の前に、依頼医である主治医と放射線医療従事者(例えば、画像下治療を行う医師、画像下治療を行う循環器科医、その他)の間で対話することにより、意思決定(正当化)を支援するための情報交換を可能にする。他の画像診断の選択肢、特に電離放射線を必要としない画像診断法(MRI、超音波など)を考慮する必要がある。患者の累積放射線被ばく線量を評価するため、主治医は患者の過去の医療記録および画像記録の照合を行い、画像下治療を行う医師を助けることができる。さらに、過去の臨床所見の検討は、現在の検査に関係する可能性がある。

通常、主治医は、患者や家族と直接話す医療ケアパスの最初の医療従事者である。X線透視を用いた画像下治療における放射線の便益とリスクを伝えることは、独自の放射線安全性の検討が必要であるかもしれない。したがってリスクと便益に関する対話には、放射線医療従事者(放射線科医や画像下治療を行う循環器科医など)および放射線科チームのメンバー(医学物理士、診療放射線技師)による支援が必要である。この作業は、医師、患者、親、親族、およびその他の介護者のために印刷物や電子情報資料を利用することによって円滑化される。そのような情報は、インフォームドコンセントの過程および/または施術後の指示において見直されることがある。

手技中に、画像下治療チームの全員が協力して、確実に放射線防護と安全の最適化を行う。スタッフ間の効果的なコミュニケーションは、放射線量を可能な限り低く抑えるのに役立つ。患者線量に影響を及ぼすいくつかのパラメータを調整することで、画像下で

<sup>13</sup> 透視、特にX線透視を用いた画像下治療(IVR)には、関与するスタッフの放射線安全の問題がある。スタッフへの線量は比較的高く、水晶体混濁などの悪影響をもたらすことがある。職業上の放射線防護はこの文書の範囲外であり、さらに詳細な情報は他の場所でも入手可能である(NCRP、2011:IAEA放射線防護のための患者向けウェブサイト：[http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1\\_TrainingMaterial/Radiology.htm](http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/Radiology.htm))。

<sup>14</sup> 小児患者の体格は、小さな未熟児から大柄な青年までさまざまである。患者のサイズは透視投影検査の線量に影響を与える。つまり、自動露出制御機構では、管電圧(kV)と管電流(mA)の両方が患者の減衰で調整されるため、体格の大きな、もしくは肥満の患者では放射線量が高くなる。

の高画質を保ちつつ、放射線量を大きく低減することが可能である (Miller ら、2010)。

副作用についてなど、施術後の情報については、依頼医である主治医が利用できるようにするとともに、患者および／または保護者に提供しなければならない。主治医はいくつかの方法(カルテなど)を介して画像の履歴を追跡することが可能である。

1 回以上の手技において比較的高い皮膚線量を受けた患者には、臨床的にフォローアップが行われる。理想的には、主治医よりもむしろ画像下治療を行った医師によって実行されるべきである。しかしながら、患者が手技の行われた施設から遠く離れている場所に住む場合、主治医はフォローアップを行うためにさらに詳細な情報を必要とするだろう (NCRP、2011; ICRP、2013a)。患者や家族もまた、ビーム入射部位の皮膚の紅斑のような皮膚損傷の臨床的徴候や、それが現れたときにどう対処すべきかについて知らされる必要がある。

### 2.1.3.5 コンピュータ断層撮影(CT)

コンピュータ断層撮影(以下 CT) は、電離放射線を使用するもう一つのモダリティである。患者は、装置中央の円形の穴を通して移動する狭いベットのの上に横たわる。X 線は患者の身体を横断して、検出器に到達する。X 線源と検出器の両方が機械の内部で回転し、患者が機械内部のガントリーを通して移動する間、コンピュータは身体の連続的な輪切り画像を作成し、モニター上に画像を表示する。CT の放射線量はいくつかの要因に依存し、透視と同程度に高い(またはより高い)線量をもたらす可能性がある。

小児 CT において不要な被ばく線量を低減するポイントとして、診断参考レベルまたは診断参考レンジ(DRL/DRR については下記参照)に注意を払いながら、小児の体格(個々の体格/年齢)および臨床症状を考慮して照射パラメータを調整する必要がある。小児 CT の最適化のために考慮すべき点についての詳細は、他の出版物に記載されている (Strauss ら、2010; ICRP、2013b; Strauss、Frush および Goske、2015)。

**表 10** は、患者の放射線量に影響を与える調整可能な CT 技術の例を示す。「小児サイズ」を用いることにより、線量を大幅に低減できる可能性がある。**図 14** は、管電流の低減による画像への影響を示す。

**表 10.** 一般的な CT 技術が患者の被ばく線量に及ぼす影響の例

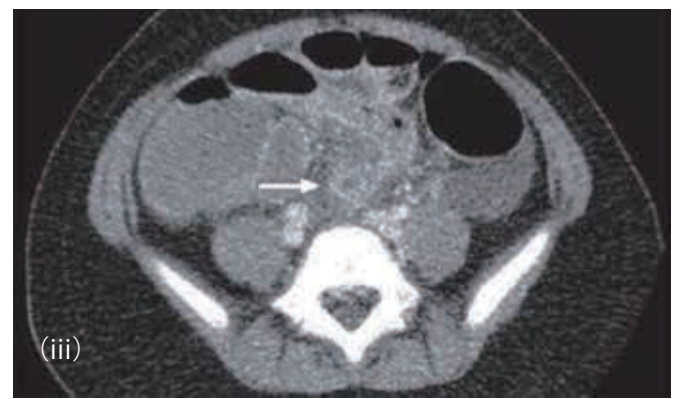
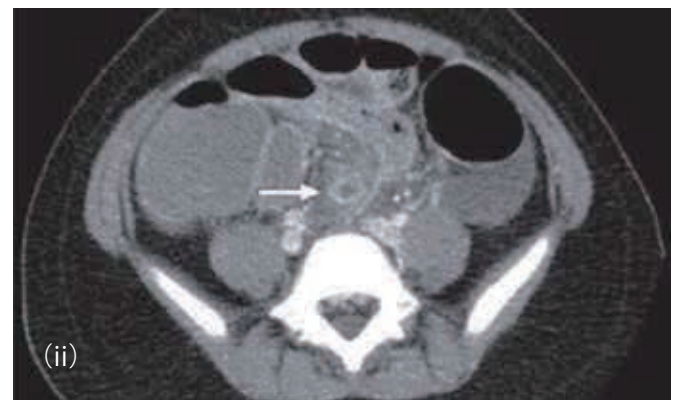
CT 技術	被ばく線量に及ぼす影響
X 線エネルギー(キロボルトピーク -kVp) <sup>a</sup>	kVp 減少→線量低減
管電流(ミリアンペア - mA) <sup>a</sup>	mA 減少→線量低減
X 線管回転速度(秒) <sup>a</sup>	X 線管回転がより速い(ガントリー)→線量低減
スキャン範囲/距離(単位: cm)	走査距離が短い→線量低減
スキャナー内での患者の位置	ガントリー内での不適切な位置決めは線量を増加させることがある
スキャンシーケンスの数(フェーズ)	複数回の撮影(例えば、造影剤投与前後の撮影は、線量を増加させる)
複数の領域をスキャンする静脈造影剤の最適な使用	重複スキャンの最小化により線量が低減される
特殊技術	解像度が向上すると、設定値が低くなる(例: kVp) スキャナーにより異なる。追加的線量低減機能。

<sup>a</sup> 他のすべての要素が一定に保たれていると仮定している。また、線量低減の代償として画像ノイズの増加を招くことにも注意。良質の撮像では、これらの複数のパラメータの間の適切なバランスを得よう努めている。

図 14: 線量低減(ノイズの増加)が撮像結果に及ぼすシミュレーション(実際には繰り返しスキャンをしているわけではない)

a: 正常な虫垂を有する 11 歳の子供。(i) 管電流未調整 (ii) 管電流 50% 減少 (iii) 管電流 75% 減少。すべてのスキャンで、断面に空気で満たされた虫垂(矢印)が示されている。

b: 急性虫垂炎の 3 歳児。(i) 管電流未調整 (ii) 管電流 50% 減少 (iii) 管電流 75% 減少。矢印は肥厚した虫垂を示す。すべての管電流設定において腸閉塞が容易に確認されることにも注意。



出典: Swanick ら (2009) 、許可を得て転載。

低線量の小児 CT でも、さらに放射線量を低減するためのプロトコルを採用することができる。ベルギーの病院で行われた研究では、小児の副鼻腔への低線量 MDCT において、副鼻腔 CT の適切な診断画質を維持しながら、実効線量を従来の X 線撮影に同程度のレベルまで低減させたことが示された(Mulkens ら、2005)。この研究は、小児の副鼻腔 CT のためのプロトコルを最適化することにより、標準的な X 線撮影に使用される線量に相当する実効線量で高画質な診断画像を得ることができることを示した。これは依頼医である主治医と放射線医療従事者の間の効果的な対話が最適化を助け、検査で求められている答えがなにかに応じて、検査プロトコルが調整された良い事例である。

### 2.1.3.6 核医学

核医学では、患者の身体の機能面の画像化や測定(診断核医学)および／または異常細胞を破壊する(核医学治療)ために、放射性物質(放射性医薬品)を使用する。放射性医薬品は、主に検査対象の臓器または組織に蓄積され、そこでエネルギー(放射線)を放出する。核医学検査において、この放射線は体内の放射性医薬品の分布を可視化する検出器によって検出される。画像に加えて、患者の血液、尿および／またはその他の試料内の放射能を測定できる。これにより、臓器や器官系および組織の機能(灌流、代謝、増殖、受容体／抗体の発現および密度など)を特徴づけ、定量化することが可能である。核医学で最も頻繁に使用される検出器は、二次元(2D)または三次元(3D)撮像用のシンチレーションカメラとも呼ばれるガンマカメラである。単一光子放射コンピュータ断層撮影(SPECT)では、患者の周囲の複数の角度で画像が得られる。コンピュータによる断層撮影画像の再構成により、患者の体内の放射性医薬品分布の 3D 情報が提供される。核医学画像は、CT 画像や MRI 画像に重ねることができる。これは画像融合と呼ばれる方法である。陽電子放射断層撮影(PET) および統合画像診断システム(SPECT /

## Box 2.3 超音波検査および磁気共鳴画像診断

超音波検査とは、画像診断における音波の使用を指す。トランスデューサまたはプローブが音波を送信し、反射された信号を受信する。超音波は可能な限り小児科の医療現場において X 線に代わる実行可能な代替手段として検討すべきである(Riccabona, 2006)。小児の集団において超音波は、例えば潜在的な心臓異常、幽門狭窄、股関節形成異常、虫垂炎、新生児頭蓋内異常、新生児の脊椎および脊髄の評価に頻繁に使用される。超音波はまた、腹部、骨盤、筋骨格系、甲状腺および乳房ならびに血管および管腔内画像を含む他の多くの疾患を評価することにも使用される。革新的な超音波アプローチや、振幅カラードプラ、高調波および高解像度画像診断、超音波造影剤および三次元機能などの新しい超音波技術は、超音波によって評価できる適応領域を広げただけでなく、電離放射線への被ばくを必要としない貴重な画像診断技術として超音波検査を確立した。さらに、超音波誘導は多くの画像下治療(IVR)に使用されている。

磁気共鳴画像診断(MRI)は、強い磁場、電波、および磁場勾配の組み合わせを利用して、体内の臓器および内部構造の 2D および 3D 画像を生成する。軟部組織の違いに対して高いコントラスト感度を示すこと、非電離放射線の使用により患者の安全が確保されていることが、CT および X 線撮影に取って代わって、MRI が多数の医用画像診断検査に使用される主な理由である。小児画像診断において、MRI は、中枢神経系および尿路の疾患、筋骨格系障害および損傷、先天性疾患および他の心血管疾患(血管造影：MRI 血管造影を含む)の評価を含むさまざまな目的に使用される。また、がんの病期分類とがん治療計画を支援することもできる。MRI スペクトロスコピーは、小児の脳疾患を評価するための新たな画像診断技術である。MRI を用いた画像下治療では、手術室で特別に設計された MRI 装置を用いて、主に脳に対して手技を行う。MRI は電離放射線を使用しないため、小児画像診断の選択肢として検討されることが多い。

CT、PET / CT、PET / MRI などの導入により、放射性医薬品による分子画像診断の応用が拡大した。

PET / CT または SPECT / CT を受けている患者は、放射性医薬品および CT スキャナから照射される X 線の両方の放射線に被ばくする。両方の装置に対して、放射線量は、検査の質を損なうことなく、可能な限り低く保たれる。画像診断に使用されるほとんどの放射性医薬品は、半減期が短く（数分から数時間）、速やかに排出される。核医学の診断参考レベルは、投与された放射能を単位として表される。核医学における小児や青年に対する防護の最適化のために、小児患者に投与される放射性物質の用量最適化スキームが適用される。一般的には、成人の推奨用量に基づいて、患者の体重を含めたさまざまなパラメータに応じて調整される。この方法は、最近さまざまな形で、北米および欧州の専門家団体によって採用されている（Gelfand, Parisi および Treves, 2011 ; Fahey, Treves および Adelstein, 2011 ; Lassmann ら, 2007 ; Lassmann ら, 2008 ; Lassmann ら, 2014）。究極の目標は、画像診断の質を損なうことなく、可能な限り低いレベルまで放射線被ばくを低減することである。

### 2.1.3.7 歯科放射線

口腔内「咬翼」X 線撮影および / またはパノラマ X 線撮影は、歯科医および歯科矯正医が長年にわたり使用してきたツールであるが、歯列および口腔顎顔面疾患を評価するためのコーンビーム CT (CBCT) およびマルチスライス CT (MSCT) を利用することに関しては、正当化と最適化の問題が提起されている。2011 年、SEDEXCT プロジェクトの委員会<sup>15</sup>は、「この目的のために CBCT の普及が検討される前に、患者の転帰の変化（および改善）を示す研究が必要である」と結論付けた。これに対する例外として、現在、未萌出歯の位置特定に MSCT が使用されている（Alqerban ら, 2009）。その際には、線量が少なければ、CBCT は MSCT よりも好ましいと考えられる。いずれにしても、上顎犬歯の放射線検査は通常 10 歳未満には必要ではない（欧州委員会, 2012）。

小児における超音波検査および磁気共鳴画像診断の利用は、ここ数年にわたり増加している。これらのモダリティは、非電離放射線を用いて画像を作成する。本書は電離放射線に関するリスクコミュニケーションに焦点を当てているが、これらの検査に関する一般的な情報を **Box2.3** に示す。

### 2.1.3.8 診断参考レベル

診断参考レベル (DRL) は、線量 (放射線診断および画像下治療 (IVR) の場合) や投与された放射能 (核医学の場合) の調査レベルの一種であり、一般的な検査および標準的な体格の患者集団のために最適化と品質保証のためのツールとして定義される。個々の小児患者の体格のばらつきと比較して、成人の体格のばらつきは小さい。したがって、小児画像診断では、小児のさまざまな体格に見合った DRL が必要となる。これらは、一般的に、体重または年齢から推定される。DRL は線量限度ではない。DRL の概念を実践することは、基本的な安全基準要件であるが、義務というよりもむしろ推奨である。DRL はひとたび設定されても、最新の専門的な知見と一致した基準を反映するように定期的に見直され、更新される。施設は、適当な標準患者集団に対して実際の診療で用いている線量と設定された DRL を比較することで、特定の検査で使用している線量が、同等の

<sup>15</sup> SEDEXCT プロジェクト (2008~2011年) は、原子力に関する研究および訓練活動 (2007-2011年) のために欧州原子力共同体 (Euratom) の第7次フレームワークプログラムによって支援された。  
<http://cordis.europa.eu/fp7/euratom/>

診療科で使用されている線量と大きくかけ離れていないことを確認することができる。DRL は、患者線量または投与される放射能が異常に高いまたは低い状況を特定するのに役立つ(ICRP、2001 および 2007b)。

### 2.1.3.9 小児患者の繰り返し検査の件数低減と放射線履歴の追跡

CT スキャンを受ける小児全体の 1/3 は CT スキャンを 3 回以上受けていることが報告されている(Mettler ら、2000)。検査の反復により、個々の患者の放射線被ばく線量は、実効線量で数十mSv の範囲内に及ぶこともあり、中には 100mSv を超えることさえある(Rehani および Frush、2011)。早産児および股関節形成不全児に対しては、繰り返し X 線撮影が行われることが多い(Smans ら、2008)。慢性的疾患(先天性心疾患、がん既往歴)を有する小児患者は、複数の画像診断検査および画像下治療(IVR)を受ける可能性がある。したがって、このような小児の累積被ばく線量は比較的高い可能性がある。このような患者では、MRI や超音波などの非電離放射線画像診断モダリティを可能な限り実行可能な代替手段として、検討すべきである(Seuri ら、2013; Riccabona、2006)。

小児科医および家庭医は、小児患者の放射線被ばく歴を追跡する方法の使用を促進することができる。電子健康記録、電子カード、電子健康システムに組み込まれた放射線被ばく歴の記録、ウェブベースの個人記録、放射線パスポート、および紙のカードなど、多数の選択肢が提案されている。Image Gently ウェブサイトには、予防接種カードと同様に、「My Child's Medical Imaging Record」<sup>16</sup> というタイトルのダウンロード可能なフォームがある。

比較的低線量の検査(胸部 X 線検査、その他の従来の X 線検査など)では、検査回数のみを追跡することが合理的な方法であろう。しかしながら、より高い線量を受ける検査(例えば、CT、PET / CT、画像下治療(IVR)、ほとんどの核医学検査)については、それらの検査回数に加えて、検査あたりの線量(または線量推定を可能にするパラメータ)を記録することが望ましい(Rehani および Frush、2010)。

## 2.2 業務改善のための放射線に関する安全文化の推進

### 2.2.1 医療施設における放射線に関する安全文化とは?

医療における放射線防護の究極の目標は、患者ケアの便益を最大化しつつ放射線の使用に伴うリスクを最小限に抑えることによって、患者およびその他の人々<sup>17</sup>の安全を確保することである。

医療の提供には、一定レベルの固有のリスクが含まれる。医療システムとプロセスがより複雑で断片化するにつれて、それぞれの臨床現場におけるリスクおよび臨床現場数が増加する可能性がある。治療の成功と医療の質は、個々の医療従事者だけの力量だけに依存するものではない。その他さまざまな要因が重要である。これには、組織の設計、文化およびガバナンスならびに損害リスクを最小化または軽減するための方針と手順が含まれる。

<sup>16</sup> 下記から入手できる：[http://www.imagegently.org/Portals/6/Parents/Dose\\_Record\\_8.5x11\\_fold.pdf](http://www.imagegently.org/Portals/6/Parents/Dose_Record_8.5x11_fold.pdf)

<sup>17</sup> この「その他の人々」とは親、介護者、医療従事者、および一般市民を指す。

医療機関は、患者や医療従事者の防護を向上させるために、組織文化を変革することの重要性をますます認識している。欧州のデータは、医療過誤や医療関連の有害事象が入院期間の8%~12%に発生していることを一貫して示している<sup>18</sup>。医療施設は、患者の安全とサービスの質を継続的に改善する責任を負うべきである。

組織文化は、通常、組織内の個人からなる集団の間で共有されている信念であると言われている。安全文化は組織文化の一部であり、個人および集団の価値観、態度、認識、能力、さらには組織の安全管理への責任およびその方法と能力を決定する行動様式の生成物として定義される。安全文化には、以下の3つの主要な発達段階がある：

- ステージ 1: 基本的コンプライアンスシステム – すべての安全訓練プログラム、作業条件、手順、およびプロセスが規則に準拠している。これは受動的コンプライアンスである。
- ステージ 2: 自主管理による安全コンプライアンスシステム – 作業者は確実に規則を遵守し、訓練およびその他の規制条項に個人的責任を負う。これは規制の積極的コンプライアンスを強調するものである。
- ステージ 3: 行動安全システム – 危険を引き起こす状況を詳細に調べ、負傷の可能性およびそれを予防することができる安全な行動に重点を置き、安全に行動するよう個人を指導する。これは、作業員間の相互理解、すなわち互いの安全を守ることを強調するものである。あらゆる文化開発プログラムの目的は、組織や個人の行動をもっとも高いステージに向かわせることである。

この文脈において、患者の安全文化は、患者の安全に関して共有される態度、価値観および規範から成る。

医療における放射線に関する安全文化は、患者、医療従事者、および一般の人々の放射線防護を考慮する。これは、患者の安全という、より広い概念に組み込まれており、優れた医療実践の概念に含まれている。したがって、ここでは医療の現場において安全文化を実施するために使用されるのと同じ手法が使用される(例えば、非難しない、恥としない、意欲、チームワーク、透明性のあるコミュニケーション、学んだことに対するエラー報告など)<sup>19</sup>。

画像診断における放射線安全文化は、医療従事者が患者のニーズに合わせたより安全で効果的な医療の提供を可能にする。その取り組みは、有害事象の一次予防が常に最も重要な目的であることを念頭に置きながら、検査の正当性と妥当性および防護の最適化を確保することに主眼が置かれている。

放射線防護は、患者の安全全体にかかわる重要な要素である。ケアの提供における機器の問題、プロセス障害、および人的ミスは、患者の安全を脅かす可能性がある。患者の安全は、医療における職業的責任と切り離すことの出来ない重要な要素である(Lonellyら、2009)。

リーダーシップは、放射線安全に関する文化の重要な要素である。安全文化を構築には、リーダーシップおよび組織の最高位からの支援が必要である。患者の安全を向上さ

<sup>18</sup> 患者の安全に関するWHO欧州地域のウェブサイトから：<http://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/patient-safety/data-and-statistics>

<sup>19</sup> 更なる情報は下記のリンクから：  
<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/Health-systems/patient-safety/facts-and-figures>;  
<http://healthland.time.com/2013/04/24/diagnostic-errors-are-more-common-and-harmful-for-patients/>;  
[and http://www.oecd.org/health/ministerial/forumonthequalityofcare.htm](http://www.oecd.org/health/ministerial/forumonthequalityofcare.htm)

せるために尽くす指導者は、画像診断におけるより強力な放射線防護文化を構築し維持するのに大きく役立つことができる。放射線科専門医、核医学専門医、診療放射線技師、医学物理士、依頼医である主治医、看護師、サポートスタッフ、事業管理者など、画像診断における放射線の使用を伴う医療行為にかかわるすべての関係者には、果たすべき役割がある。さらに、患者、患者のネットワークと組織は、放射線防護文化の醸成に貢献する。彼らは、建設的な対話を促進し、患者中心のケアの建設的な対話と主張を進めることによって、安全文化の開発と促進に協力する必然的なパートナーである。

## 2.2.2 放射線安全と診療ガバナンス

診療ガバナンスは、「診療ケアの良さが花開く環境を作り出すことによって、組織がサービスの質を絶えず改善し、高水準のケアを確保する責任を負うための枠組み」と定義されている (Scally および Donaldson, 1998)。医療サービスの質の原則には、安全性、有効性、患者本位、適時性、効率性、手頃な価格、平等が含まれる (WHO, 2006; Lau および Ng, 2014; WHO 2015b)。診療ガバナンスの概念には、放射線安全に関する文化の確立と維持に必要な企業責任を提供するための放射線防護が含まれるべきである。診療ガバナンスの4つの柱が提案されており、以下の例に示す通り、放射線安全はそのすべてに関わっている：

- 臨床的有効性は一般的に、臨床的な介入の効果に対する評価の指標として定義される。画像診断において、有効性は検査の適切さに関連している。エビデンスに基づく画像診断ガイドラインに沿って実施することにより、改善することができる。
- 医療監査は、医療の質を評価し、基準に対する性能の比較を行い、改善の機会を見出す方法である。放射線科の領域においては、正当化と最適化の原則の実施を監査することが含まれる。監査は、医療資源配分の変更を裏付ける根拠を与える。
- 放射線科の領域におけるリスク管理方策の狙いは、何がうまくいかないかを特定し、有害事象の報告とそこからの学習を促進し、再発を防ぎ、放射線防護を強化するための安全基準を導入することである。

## Box 2.4 放射線に関する安全文化の確立と維持のためのステップ

- (a) 組織のすべてのレベルで防護と安全のための個人的かつ共同的な取り組みを促進する。
- (b) 組織内の安全文化の重要な側面の共通理解を確実に行う。
- (c) 個人、技術、組織間の相互作用を考慮に入れ、個人およびチームによる業務の安全かつ確実な遂行を組織が支援するための手段を提供する。
- (d) 防護と安全に関する方針、規則、および手順の策定と実施に現場で実務を行っている関係者とその代表者の参加を促す。
- (e) あらゆるレベルの組織と個人が防護と安全のための説明責任を果たす。
- (f) 適切な場合には、組織内および関係当事者との間で防護と安全性についてのオープンなコミュニケーションを奨励する。
- (g) 質問と学習を奨励し、防護と安全に関する自己満足を戒める。
- (h) 組織が安全文化の開発と強化を絶えず模索する方法を提供する。

出典：IAEA の許可を得て BSS (2014 年) から編集



- 電離放射線の医療利用における安全性と質を向上させるためには、教育、訓練、継続的な専門的能力の成長(すなわち生涯学習)が不可欠である。

### 2.2.3 放射線に関する安全文化の確立

放射線に関する安全文化の確立は組織のトップから始めるべきであるが、文化の規模と促進は、役員、管理者、医療従事者、その他の支援者、患者および家族を含めて業務の提供に関連するすべての関係者がかかわるものである。

放射線に関する安全文化は、**Box2.4** (BSS, 2014) および **表 11** (Eccles ら、2001 ; Michie および Johnston, 2004) に記載されているような教育やキャンペーンを実施することによって確立、維持、改善することができる。

**表 11.** 放射線安全に関する文化を向上させるための方策

文化に影響する要素	放射線安全に関する文化を向上させるための方策	例
基本となる仮定	教育、支援(意識向上など)	医学および歯学教育機関における放射線防護教育、キャンペーン
採用されている共通の価値観	標準、規範、ガイドライン	放射線基本安全基準、画像診断照会ガイドライン
作成的 / 目に見える成果	訓練、監査、フィードバックおよび品質改善	研修、オペレーショナル・ラウンド、ターゲットメッセージによる行動の変化

インシデントレポートシステムは、健康管理システムにおける有害事象およびニアミス学習に役立てることによって、患者の安全性を高めることができる。これらのシステムは、リスクプロファイルの分析に基づいた建設的対応や、同様の事象を防止するための教訓の普及につながるはずであり、初期予防において重要である。

放射線安全に積極的な組織は、相互信頼に基づくコミュニケーション、放射線防護と安全の重要性に関する知見の共有、効果的な放射線防護方策の開発と実施に取り組んでいるのが特徴である。効果的なコミュニケーションは、患者の安全を向上させるための鍵として重視されており、医療環境における放射線安全に関する文化の確立と維持に不可欠である。医療従事者は、医学領域および／または組織内の階層における自らの立場や、状況に関わる他者の立場にかかわらず、不確かな状況で落ち着いて話すための技能と自信を身に付ける必要がある。効果的な医療提供システムは、高度なコミュニケーションスキルに依存するところが大きい。これには、特定された問題の結果や対策に関するコミュニケーションが含まれる。画像診断の現場におけるオペレーショナル・ラウンドは、患者の安全、ケアの質、患者および家族の満足度に対する最前線の職員の不安について話し合うのに有用である(Lonelly ら、2008)。

健康管理に関する他の安全チェックリストと同様に、科学的証拠に基づく放射線安全チェックリストはリスク管理ツールである。それらを活かすことは、放射線安全を構成する要素である。標準化はあらゆる安全チェックリストの基本であるが、目標の達成を確かなものにするために、すべてのチェックリストは必要に応じて継続的に評価し、更新する必要がある。

医療監査を通して、画像診断を含む医療行為は、良質な医療のために同意された基準に照らして系統的に見直される。また、医療監査では必要に応じて適切に新しい基準を適用する必要がある。これは、患者のケアの質と結果を改善することを目的としており、放射線安全に関する文化の向上にも貢献している。

チームワークは患者の安全の向上に貢献する (Baker ら、2005; Baker ら、2006)。組織は、チーム管理に実績のある方法を取り入れた、多分野にまたがるチーム訓練プログラムを確立することによって、患者の安全を優先させる必要がある。チームメンバーは、自己のキャリアを通して明確な知識、技能、および態度を目に見える形で身につけていなければならない。グレートブリテンおよび北アイルランド連合王国(訳注：英国の正式名称)の保健省による報告書において、組織の失敗や学習についての職場における重要な要素が検証されている。この報告書は、さらに前進するために開拓しなければならない4つの重要な分野を示している：

- 事態が悪化した際の報告と分析のための一元化された仕組み。
- 過誤やサービスの失敗を報告し議論することができる、より開放的な文化。
- 教訓が特定されている場合に、必要な変更が確実に実施されるようにするための仕組み。
- 過誤の予防、分析、および学習におけるシステムアプローチの価値のより広い理解。

この報告書では、重要な要点を指摘して議論を結論付けている。「結果論となるが、災害が起こってから考えることは簡単だ。我々は、より困難なことを達成する能力、すなわち来たるべき災害を捉える能力を開発する必要がある」(NHS、2000)。

# 第3章: 便益とリスクに 関する対話

医療の便益とリスクに関する効果的なコミュニケーションは、適正な医療業務の一環である。よって、画像診断における適正な医療の実践には放射線リスクコミュニケーションが重要な要素となる。小児画像診断における効果的なコミュニケーション方策の実施には、特有の配慮を必要とすることが多い。本節では、この対話を成立させるためのさまざまな手法について解説する。

3.1 節では、質問および回答例を含む、便益とリスクに関する話し合いをサポートするための実践的なヒントを提供する。

3.2 節では、小児画像診断における放射線リスクのコミュニケーションに関連するいくつかの倫理的問題について検討する。

3.3 節では、医学界において対話を作り出す上でのさまざまなシナリオとキーパーソンについて考察する。

# 3. 便益とリスクに関する対話

## 3.1 便益とリスクに関する話し合いの実践的なヒント

### 3.1.1 コミュニケーションの目標と課題

推奨される医療行為の便益とリスクを伝えることは、医療に欠かせない要素であり、これには放射線によるリスクと放射線検査の便益について伝えることが含まれる (Levetown, 2008)。適切な画像診断や検査を決める際には、電離放射線を用いた検査の費用および潜在的な放射線リスクに加えて、医療上の必要性(便益)を検討する必要がある。臨床的な疑問に応える最良の検査について疑念がある場合には、依頼医である主治医と放射線医療従事者(放射線科医、核医学専門医など)間の対話が意思決定プロセスの助けとなることがある。

放射線に関する患者の知識とコミュニケーションの好みを評価した最近の研究では、電離放射線を用いた画像診断について、患者が期待する説明と実際の説明との間に大きなギャップがあると結論付けている (Thornton ら、2015)。医療における放射線リスクコミュニケーションの主な目標は、患者や親および／または介護者(訳注:患者を介護する近親者を指す。)が、彼らが必要とする情報を、彼らが理解できる形で確実に受け取ることである (Dauer ら、2011; McCollough ら、2015)。彼らには、実施される画像医療を理解するのに十分で分かりやすい情報が必要である。小児の画像診断検査を実施する必要性を検討する際には、疾患や患者の臨床状態に内在するリスクを考慮する必要がある。主治医とその他の医療従事者は、患者やその介護者の好みにあうコミュニケーションのスタイルやコミュニケーションの必要性を見極めることが重要である。患者と家族によって、それぞれの文化的背景や個人の病歴が異なるので、個々に合ったリスクコミュニケーションが必要となるだろう (Guillerman, 2014)。

小児患者およびその家族が、検査の便益とリスクについて十分な情報提供を確実に受けられるようにするためには、リスクコミュニケーション方策には、患者のケアの過程にかかわるすべての医療従事者が関わる方が良好だろう。小児の画像検査を勧める場合、主治医は、患者の臨床管理を支援するための放射線専門医の意見を求めているのである。しかしながら、看護師や診療放射線技師のように、患者ケアにおいて同様に重要な役割を担うスタッフがいるかもしれない。これらの医療従事者は、しばしば主治医、患者、親、家族および／または介護者と放射線科専門医との間の主要なインターフェースの役割を果たす専門職である。診療放射線技師は、各検査の最適化において重要な役割を果たし、最適なリスクコミュニケーション方策の作成を支援するための臨床情報を、患者、家族、および医師からさらに詳細に入手することができる。また、一部の施設では、彼らは唯一の、放射線安全に関する訓練を受けた医療従事者である場合もある。検査が複雑である場合や比較的高線量をもたらす場合には、画像診断部門の品質保証および改善プログラムにおけるキーパーソンとして医学物理士が含まれる場合もある。

電離放射線を使用する小児の医用画像診断検査の便益とリスクを伝えることには、いくつかの課題がある。第一に、各個人のリスク認識は、さまざまな個人的要因の影響を受ける場合がよくある。社会的要因、思考体系、過去の医療経験、価値観、および個々の独自の世界観は、全て個人のリスク認知に影響を与える可能性がある。人は個人的なリスクの見方と危険(ハザード)を組み合わせることでリスクを評価することが多く、価値観、好み、教育、および個人的な経験により重み付けされる (Box 3.1 参照)。対象となる検査の便益とリスクについて、親と子独自の文化的、社会的態度を考慮して、彼らが理解できる方法で伝えることが最も重要である。患者および／または介護者のリスク認知を特定し、その

### Box 3.1 リスクの認識に影響を与える要因

専門家と一般市民ではリスクの受け止め方が異なる (図 A 参照)。専門家は、危険(ハザード)の大きさ、被ばく線量、および被ばくした集団の傷つきやすさなど、直接的に関連するリスクを考慮する。「リスクにさらされている」人々は、

必ずしも同じようにリスクを認識するわけではない。彼らは恐怖、憤り、および激しい怒りなどの感情のフィルターを通して危険(ハザード)を捉えることが多い (Sandman、1993)。

**専門家はリスクを  
どのように認識し  
ているか**

ハザード × 被ばく ×  
感受性



**一般市民はリスクを  
どのように認識して  
いるか**

危険(ハザード) +  
[恐れ、憤り、激しい怒り]

図.A 専門家と一般市民はリスクをどのように認識しているか

リスク認知の仕方に影響を及ぼす要因がいくつか特定されている (図 B 参照)。これらの要因は、様々な関係者 (例えば、患者、親、医療従事者) の画像診断における放射線リスクの認知に影響を及ぼす可能性がある。リスクコミュニケーションの目的の1つは、専門家によるリスクの

定義と、一般市民によるリスク認知のギャップを埋めることである。リスクコミュニケーションの本質は、単にリスクに関連する数字を説明するだけでなく、潜在的な憤りを管理すること (すなわち、それを鎮めるまたは増すこと) である。

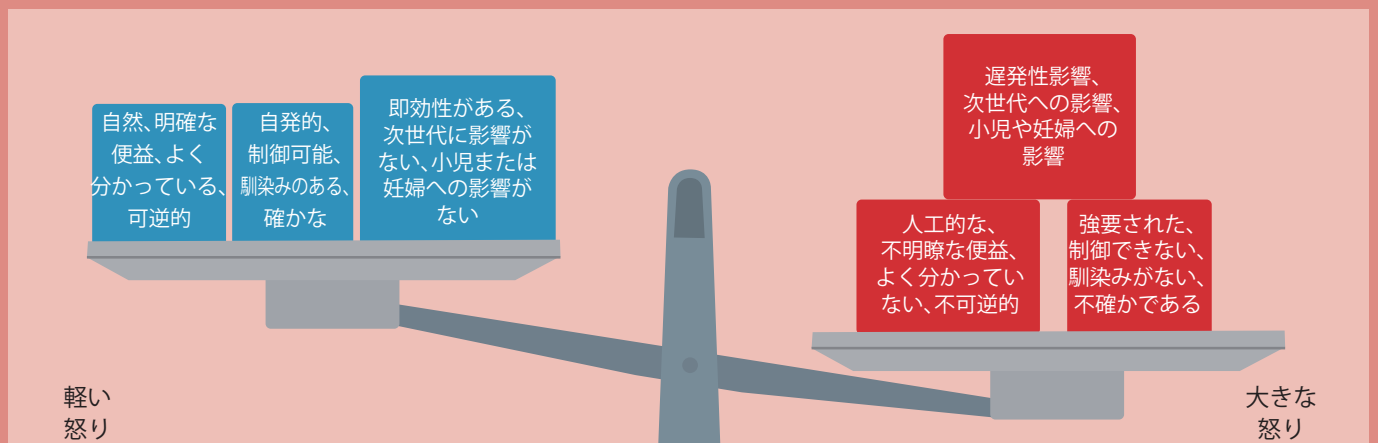


図.B リスク認知に影響を与える要因

重要性を認識することは、情報に基づく対話を促し、より効果的なリスクコミュニケーションに有用である。

電離放射線を用いた小児医用画像診断検査の便益とリスクを伝える際の大きな課題は、医療従事者による放射線防護の問題への意識と理解が不十分な点にある。線量とリスクの過小評価が広く広まっていることを示す研究がある(Leeら、2004; Thomasら、2006; Lamら、2015)。依頼医である主治医全てが小児画像診断の便益とリスクについて明確かつ効果的に伝えられるだけの十分なバックグラウンド、教育、およびリソースを確実にもっていないなければならない。

患者および保護者との効果的なコミュニケーションは、患者中心のケアにとって不可欠であり、医療を効果的に提供する上で重要な要素として認識が高まっている。このことは小児患者の画像診断における放射線の便益とリスクを伝えることにも当てはまる。しかしながら、ほとんどの医療従事者が受けるコミュニケーショントレーニングの量と質や、利用可能なリソースの欠如は、これらの状況において効果的なコミュニケーションの障害となっている。以下の節では、医療従事者のためのコミュニケーション方策に関する詳細な情報を提供する。

### 3.1.2 放射線の便益とリスクのコミュニケーション

小児画像診断における放射線リスクコミュニケーションは、専門家を中心としたコミュニケーション(依頼医である主治医、放射線医療従事者、その他の医療提供者など小児の医療に関係する様々な専門家間のコミュニケーション)および患者中心のコミュニケーション(医療従事者と患者、親および介護を行う近親者との間のコミュニケーション)のように、さまざまな関係を通して行うことができる。

#### 3.1.2.1 専門家中心のコミュニケーション

放射線科医は、依頼医である主治医に画像診断の便益とリスクを説明する上で独自の役割を果たす。画像診断チーム(放射線科医、診療放射線技師、医学物理士)は、特定の画像診断検査に関する依頼医の決定を導く手助けをする。他の医療従事者および関連するコンサルタント(例えば、看護師、外科医、救急医療医)が加わることによって、この会話が改善される場合もある。このような多くの専門分野にわたる放射線リスクに関する対話は、すべての患者に対して実現出来るわけではないが、医療施設においては適正な医療業務(例えば、定期的な対話セミナーなど)としてサポートされるべきである。例えば、家庭医または小児科医は、放射線科のチームから提供された情報によって、患者や家族からの質問に答えることができる。医療チームの全員が協力して、画像診断の質を維持しながら線量を最小限に抑える最善の計画を立てることができ、それによって小児患者に対する不要な放射線リスクを減らすことができる。医療従事者間のコミュニケーションについては、**3.3 節**でより詳しく説明する。

#### 3.1.2.2 患者中心のコミュニケーション

依頼医である主治医と放射線医療従事者とは、医用画像診断検査の便益とリスクを伝える際の役割は異なるものの、互いに補い合う関係である。通常、主治医(例えば、小児科医または家庭医)は、患者および家族と直接的なコミュニケーションを最初に行う最も信頼されている相手である。主治医は、画像診断検査を施行する際の唯一の情報源となることも多い。こうした状況では、主治医が患者や家族の話を聞き、質問に答え、放射線の便益とリスクに関する懸念に対処する能力を持っていることが不可欠である。主治医と患者および家族または介護する近親者との間では、通常やや一般的な放射線リ

スクに関する対話が交わされるのに対し、放射線科の専門医は、実施される特定の検査に関連する放射線量およびリスクに焦点を当てたより詳細な対話を提供することができ、そのようなメッセージの例は、**3.1.5 節**および**3.1.7 節**で紹介されている。

患者とその家族および介護をする近親者は、診療放射線技師と画像診断検査について話し合うことがよくある。これは、情報を提供し、質問に答え、懸念に対処する良い機会である。まれに、医学物理学士が患者や両親との話し合いに同席することがある。看護師、アシスタント、および受付（医療事務者）は、患者や家族と交流があるため、彼らは全員、常に質問を投げかけられる機会があるだろう。それらの質問に対応するスタッフを用意することは重要である（例えば、そのような対話に関わる可能性のあるスタッフに情報や明確なガイドラインを提供するなど）。

上記で議論された2つのコミュニケーションの場面に加えて、さらなるコミュニケーションについて特別な配慮を要する組織として、保健当局、放射線規制機関、および研究機関がある。彼らは、国民、政策立案者、その他の意思決定者に放射線リスクを説明する上で重要な役割を担っている。管轄当局は、すべての関係者が小児の放射線被ばくの便益とリスクを認識し、放射線安全と健康管理の質を向上させるための小児画像診断の適切な利用に向けた取り組みへの参加を促さなければならない。効果的なリスクコミュニケーション方策を通じて、専門機関は、検査が正当であり、線量低減方法が実施されていると主張することができる。こうしたグループそれぞれについては、**3.3 節**でさらに詳しく説明する。

### 3.1.3 小児患者とのコミュニケーション

プライマリケア医（家庭医、小児科医など）は、診療過程において通常最初に小児患者とのコミュニケーションに責任を負う人物である。検査の特性によっては、画像診断チームのメンバー（放射線技師、放射線科専門医）によってこの対話が補われることもある。

小児画像診断には、新生児から10代までの幅広い年齢の患者が含まれる。コミュニケーション方法（情報の種類、量、複雑さなど）やセッティング（例えば、女性患者と画像検査や妊娠の可能性について話し合うためのプライベート空間の確保など）を考慮しつつ、情緒の発達や認識能力の年齢に応じた違いに配慮する必要がある。医療従事者は小児の年齢だけを考慮すればよいわけではない。小児の家族背景も話し合いに影響する。筋書きには一般的に、親、小児、医師、そして時には家族の他のメンバーなどの交流を含める。親は小児を保護し、擁護する。検査に関する情報から小児を遠ざけようとするかもしれない。これは、便益とリスクに関する対話から小児患者を不適切に締め出す可能性がある。

医療従事者と小児患者の間の放射線リスクコミュニケーション方策が作成されており、その例は文書やウェブサイトで見ることができる（添付文書C参照）。情報は十分に包括的で、放射線リスクと、それ以外のリスクまたは恐怖（例えば、未知の機械の中に入り、静かにしていなければならないことなど）も併せて説明する際に、必要な事柄全てがカバーされていなければならない。患者や家族との便益とリスクに関する話し合いでは、質問を予測して対処することができる（Larsonetal, 2007）。成人患者との話し合いは、患者の自主性による情報に基づく意思決定（informed decision-making）プロセスを支援する。小児画像診断では、両親が小児の障害のリスクについて責任を負う可能性があることを理解することが重要である。これはリスクについて成人患者と話し合う場合とは全く異なる状況である。

### 3.1.4 臨床現場で対話を確立するには

#### 専門家中心のコミュニケーションの準備

専門家中心のコミュニケーションのために考慮すべきいくつかのポイントを以下にまとめる(図15も参照)。

##### 1. 準備への段取り：

- 使用可能な画像検査履歴が患者のカルテまたは医療記録でよく調べられていることを確認する。
- 既往歴および可能性のある疾患と予後を理解する(これは話し合いに影響を及ぼすことがある)。
- 慢性的な医学的問題を抱えている小児は、繰り返し検査を受ける可能性が高いことが多く、繰り返される検査に起因する累積線量が懸念される。
- 聴く相手を観察し、判断する：
  - i. 話し相手である他の医療従事者の放射線量とリスクに関する認識と知見のレベルを考慮する。
  - ii. 話し相手のリスクの捉え方と、画像診断方法および検査への精通度を考慮する。
  - iii. どのようなコミュニケーションスタイルがこの具体的な状況や専門家に最適であるかを判断する。

##### 2. 質問を予測し、回答を準備する：

- 一般的な放射線関連の用語(例えば、便益、リスク、線量、被ばくの種類など)を明確化する。
- 電離放射線を使用する画像検査(放射線画像診断、核医学、画像下治療(IVR))および電離放射線を使用しない画像検査(超音波、MRI など)との比較など、さまざまな画像法や領域の比較を提供する。
- 検査の実施方法と一般的な線量に関して、通常の成人向け画像診断検査と小児を対象とした場合との違いを明確にする。
- メッセージの一貫性を保つために、患者のケアに関わる他者の役割を考慮してメッセージを作成する。
- この会話の準備をより良く行うために、他の医療従事者(医療専門職、看護師など)からどのような情報を得ることが必要なかを判断する。
- 情報の入手先を明らかにする：
  - i. 発表されている情報源(このツールなど)
  - ii. 言頼できるインターネット情報源
  - iii. 専門家

#### 患者中心のコミュニケーションの準備

患者中心のコミュニケーションのポイント(図15も参照)。

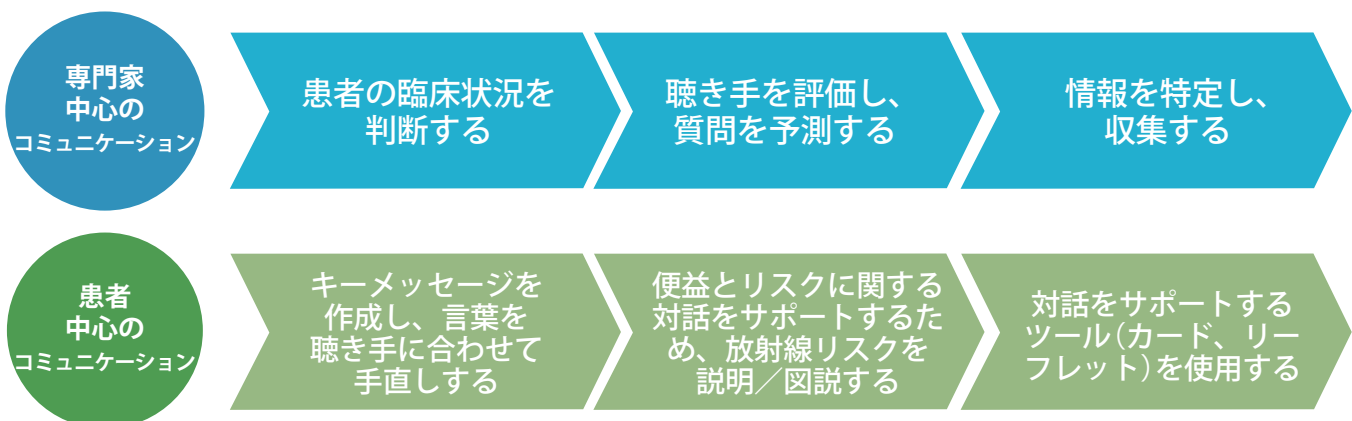
##### 1. 患者中心の対話に参加し、キーメッセージを伝える：

- キーメッセージは、患者および親を安心させる関連情報にポイントを置く。提供されるメッセージは、有益で、理解可能で、正確かつ明瞭であること。平易な言葉を使用し、科学的に複雑な医学用語や数字は避ける。



- 特定の検査を推奨する根拠を説明する。
- 既知の放射線リスクや潜在的な放射線リスクについて伝える際には、便益と医療上の必要性を強く強調し、患者や親がパニックに陥る、もしくは不要な恐怖を抱くことのないようにする。
- 推奨する検査では、患者のリスクを最小限に抑えるために何が行われたのか（もしくは行われるのか）を説明するよう心掛ける。
- いくつかの方法で、放射線リスクを他の種類のリスクと比較して図説する（例については、**3.1.5 節**を参照）。放射線リスクを伝える際には、複雑な数値や統計の使用を最小限にする。
- 画像診断に関する懸念、恐れや疑問について話し合う際には、能動的な傾聴（active listening）の手法を用いて、患者や親が話を聞いてもらっている、もしくは理解してもらっていると感じられるようにする。
- 効果的なコミュニケーションと理解には、キーメッセージを繰り返すことがポイントである。
- 聴き手中心のコミュニケーションやそれぞれの患者と介護する近親者にふさわしい言葉を用いる。
  - i. 子供のために彼らが抱く質問や懸念を、常に歓迎していると知らせる。
  - ii. リテラシーレベル、母国語、言葉の流暢さ、および医学の話題や検査になじみがあるかなど、患者と介護する近親者のそれぞれの状況を考慮する。
  - iii. それぞれの聴き手のリスクの捉え方に対応する（**Box 3.1** 参照）。
  - iv. 患者や介護する近親者の恐れや不安に考慮して、共感を持って明確に伝える。
  - v. どのようなコミュニケーションスタイルがこの個々の状況または患者に対して最も適しているかを判断する（実践例については、**3.1.5 節**を参照）。
- 患者や親のために一般的で簡潔な情報カードまたはリーフレットを準備することは、状況によっては話し合いのサポートとして役立つかもしれない。
- 患者、親または介護する近親者からの質問に対応できるよう準備すること。

図 15: 臨床現場での対話を確立する際に考慮すべきこと



### 3.1.5 小児患者とのコミュニケーションの実例

放射線防護で慣習的に使用される用語は、専門家以外の人には理解できない場合がある。例えば放射線量の単位、リスク、名目致死確率係数および確率的影響の係数などは理解しにくい(Picano, 2004)。患者とその親または介護する近親者が放射線量について質問するときは、実は関連するリスクを懸念しているのである。特定の小児画像診断の放射線量および関連するリスクを彼らに伝える方法がいくつかある。

**1.2.1 節**で説明したように注意点はあつたものの、よりよく知られている放射線被ばくとの比較は、よく用いられる方法である。例えば、画像診断における放射線量は、胸部 X 線撮影の何倍というように伝えることが多い。「胸部 X 線撮影の回数相当」は被ばくの大きさを理解するのに役立つかもしれないが、このような低線量との比較は誤解を招き、説明が適切でない場合は、不要な警戒につながる可能性がある。

医療における放射線量が、自然のバックグラウンド放射線からの被ばくの何年間分であるという比較が行われることもある。**1.2.1 節**で説明したように、自然のバックグラウンド放射線は全身被ばくをもたらすのに対し、画像診断による放射線被ばくは身体の 1 つの領域に集中する。そのような比較を行う際にはこの違いについても説明しなければならない。旅客機で移動中の宇宙線による被ばくが、放射線量を比較するための指標として提案されている。宇宙線による飛行中の被ばく線量は飛行経路(緯度、高度、継続時間)によって異なり、季節的な変動もあるが、比較対象として大西洋横断飛行の一般的な総実効線量をあげるならば、 $50 \mu\text{Sv}$  のオーダーである(Butikofer および Fluckiger, 2011)。上述のとおり、このような低線量との比較は誤解を招く恐れがあり、注意深く説明する必要がある。放射線リスクを、道路を横断する、もしくは車を運転するというような日常的な活動に関連する同等レベルのリスクと比較することも可能かもしれない(Picano, 2004 ; Fahey, Treves および Adelstein, 2011)。

個々の患者のために最適な比較法を決定することは、それぞれの状況、患者およびその親または介護者特有のリスクのとらえ方、および医療従事者の個人的な好みおよび能力に基づくべきである。メッセージは事実だけでなく、事実をどのように示すかについても考慮しなければならない(**Box3.2** 参照)。

## Box 3.2 Messaging: メッセージ方法：放射線被ばくリスクに関連する事実を示す 2 つの例

自動車事故による外傷を調べるため、救急科で妊娠した患者の骨盤内 CT スキャンを行った後、その患者は自身のプライマリケア医師の診断を受けた。どちらの言い方が胎児へのリスクについての質問に対してより適切な回答を提供しているか？

A. 「あなたが 2 週間前に受けた CT によって、お子さんが 20 歳前にがんを発症するリスクが 2 倍になった可能性がある。」 [0.6% 対 0.3%]

B. 「あなたとあなたの赤ちゃんの健康を脅かすかもしれない怪我に対して、医師が迅速に診断し治療するためには、CT は重要な検査でした。有害な結果を招くリスクは非常に小さく、赤ちゃんが正常に発達する確率は、CT を受けていない他の小児とほぼ同じです。」 [96.7% 対 96.4%]

便益とリスクについて考える際に、忘れがちな重要なリスクがある。それは検査を行わず、診断がつかないため、治療の開始が手遅れで、医学的転帰が改善できないというリスクである。早期診断および早期治療による患者の余命の改善の可能性は、がんのリスクの大きさや潜伏期間と、その患者の年齢や他の併存疾患との関係を考慮して考える必要がある。

たとえ科学者がリスクから主観性を排除しようとしても、患者と介護する近親者はリスクを個人に置き換えることが多い。これは、聴き手が放射線防護の概念や統計を理解していない場合に特によく見られる。例えば、がんリスクを表現する際の「100万人に1人」という比較は、科学界では低リスクであると考えられるかもしれない。しかしながら、患者、親および介護する近親者はリスクを個人に置き換え、その「1人」が自分やその愛する人かもしれないと受け取る可能性がある(EPA, 2007)。リスクを個人に置き換えるこの傾向は、小児に画像診断が必要な場合など、ストレスの多い状況でより頻繁に見られる場合がある。表12は、放射線検査のリスクに関する臨床的疑問のいくつかの例と提案すべき回答を示す。さらに詳細な例は、3.1.6節で紹介する。

表12. 放射線検査のリスクに関する臨床的疑問と回答例

疑問	考えられる回答
「どうしてこの放射線検査を勧めるのですか？」	「お子さんの診断を明確にし、治療を決めるためにより多くの情報が必要で、この放射線検査で、迅速かつ正確にその情報を得ることができます。」
「この放射線検査にリスクはありますか？」	「懸念の一つは、この検査で受ける放射線によって生じる、がんの可能性です。」
「このリスクはどれくらい大きいのですか？」	「この放射線検査によるリスクは、考えられるとしても、非常に小さいものです。大部分を占めるX線検査やCTの線量のように非常に低い線量では、リスクがあるかどうかは定かではありません。」
「この放射線検査のリスクは、[私の子供の現在の症状]に伴うリスクと比較して、どのようなものですか？」	<p>「多くの要因を考慮して、あなたの現在の状況を注意深く検討してきました。」状況に応じて、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「私には、あなたのお子さんが怪我または重篤な病状を抱えているという大きな懸念があります。それと比較すると、この放射線検査のリスクは非常に小さいものなので、この検査は実施すべき適切な検査です。」</li> <li>「現時点では、あなたのお子さんの症状が深刻であるリスクは非常に低いようです。放射線検査による潜在的リスクはとて小さいですが、現時点では最良の検査とは言えません。あなたのお子さんの状態が悪化した場合には、この放射線検査が必要になるかもしれません。」</li> </ul>
「これらのリスクはいつ発生するのでしょうか？」	「重要な診断をし損なうリスクが、今、あるいは数分/時間/日のうちに発生するでしょう。この放射線検査のような低線量による潜在的影響が現れるにはより時間(数年)がかかるでしょう。」
「最も安全な方法は何ですか？」	「お子さんの病状のリスクに対してこの放射線検査の潜在的リスクを比較すると、最も安全な方法は…」
「私にはどのような選択肢がありますか？」	「選択肢として、この放射線検査を今受けるか、または先送りすることが考えられます。他の選択肢には、超音波やMRIなど別の医療検査を利用すること、診察に基づいて(放射線検査なしで)手術や治療を行うこと、またはお子さんの状態の経過観察を行うことなどがあります。お子さんの病状が悪化した場合には、この放射線検査が必要となるかもしれません。」

出典: Broder および Frush (2014) の許可を得て転載

要約すると、放射線量や関連するリスクを患者や親に伝えるために、以下のいくつかの手法が用いられている：

1. 放射線被ばくを以下と比較：
  - 自然のバックグラウンド放射線被ばく
  - 旅客機の飛行時間
  - 胸部 X 線撮影回数
  - 他の放射線被ばく状況
2. 放射線リスクの示し方：
  - 定量的推定(例えば、1/10000 または 0.01%)
  - 定性的推定(例えば、低リスク)
  - ベースラインのリスクレベルとの比較(例えば、発がんリスクのベースライン平均 40% に加算される 0.01% の追加リスク)
  - 日常生活で直面している他のリスク(例えば自動車の運転)との比較

### 3.1.5.1 メッセージマッピング

メッセージマッピングは、公衆衛生リスクコミュニケーションのツールとして 1990 年代初めに開発された。メッセージマップは、予想される質問や懸案事項への対応として階層的に整理された情報の層を、明確かつ簡潔で分かりやすい、アクセス可能な方法で表示する。メッセージマッピングには以下が必要である：

1. ステークホルダーの疑問と懸念を予想する。
2. これらの疑問や懸念に対応する考えやアイデアを整理する。
3. キーメッセージやサポート情報を作成する。

メッセージマップテンプレートはボックス型の格子状の表になっている。表の一番上の段には、聴き手および対応すべき質問または懸念を示す。表の 2 段目には、質問または懸念事項に答える 3 つのキーメッセージが書かれている。3 段目には、各キーメッセージの下に視覚的素材、類推、例示、話およびまたは情報源の形式で 3 つのサポート情報が書かれている。**表 13** に、このテンプレートを用いた小児画像診断におけるメッセージマッピングの例を示す。

## 3.1.6 患者中心のコミュニケーションのための Q&A

### 3.1.6.1 放射線および小児画像診断に関する一般的な質問

#### a) 医用画像診断検査とは何ですか？

- 医用画像診断検査とは、診断や治療に役立てるための画像を作成する検査のことです。
- 電離放射線を用いた医用画像診断検査には、従来の X 線撮影とコンピュータ断層撮影法(X 線画像)、透視撮影法(X 線動画)、核医学検査(骨、腎臓、肺など)、およびハイブリッド画像検査(すなわち、陽電子放出断層撮影、PET-CT などの複合画像化)が含まれます。
- 電離放射線を使用しない超音波や磁気共鳴画像診断(MRI) など、他の医用画像診断検査もあります。

表 13. 小児画像診断におけるメッセージマッピングの例

関係者：親		
予想される疑問：うちの子はこの頭部 CT によって、どのくらいの放射線を受けますか？		
キーメッセージ1	キーメッセージ2	キーメッセージ3
この CT はお子さんの診断を支援し、治療の指針となるため、今受けることをお勧めします。	お子さんが受ける放射線量は可能な限り低く、しかも画像の診断の質を低下させないものです。	この CT は医学的に必要であり、適切に行われるため、便益の方が放射線リスクを上回ります。
サポート情報 1-1	サポート情報 2-1	サポート情報 3-1
私たちはお子さんの臨床状態を評価し、治療を決定するために診断を確認する必要があることに同意しました。(例示 / 話)	診断を損なうことなく被ばく線量を低減させる多くの技術があります。(例示、視覚的コミュニケーション)	被ばく線量は、数カ月間、自然のバックグラウンド放射線に曝されるのと同様に小さいものです。(類推、表、視覚的コミュニケーション)
サポート情報 1-2	サポート情報 2-2	サポート情報 3-2
私たちは、代替の検査を検討し、これがあなたのお子さんに適した検査であることで意見が一致しました。(診断照会ガイドライン)	この施設は、子供に適した機器、プロトコル、技術を使用します。(認定、監査)	放射線リスクは低く、有害な結果(がんリスク)がもたらされる確率は CT を受けていない他の子供とほぼ同じです：生涯にわたるがん発症リスクは 35 ~ 40% (類推、表、視覚的コミュニケーションのためのイラストや画像)
サポート情報 1-3	サポート情報 2-3	サポート情報 3-3
この検査は、診断が確定した場合、治療の遅延を避けるために今行われなければなりません。(例示、科学的データ)	この施設では、使用線量を国内および国際的な参考値と定期的に比較し、それらの範囲内にとどめています。(小児用 DRL)	CT は、異常とその重篤度を特定するための訓練を受けた画像診断専門家によって解析されます。報告書は、依頼医である主治医に伝えられ、治療と経過観察について決定されます。(話、例示)

## b) どのくらいの医療放射線だと多すぎるのでしょうか？

- 放射線画像診断方法が正当で適切である場合、小児への便益はいかなるリスクをも上回ります。この理由から、疾患の診断と管理に使用される比較的低線量の放射線に制限はありません。
- 画像診断および画像下治療(IVR)に使用する低線量の放射線は、多く見積もったとしても低いリスクしか伴いません。この潜在的なリスクは、これまでに認められ、確認された画像診断の便益と比較して小さいものです。このことは正当化の過程で考慮されます。
- 画像診断で使用される低線量の放射線リスクは一般的に小さいものです。放射線検査を受けたことがない人が、がんを発症する生涯リスクは 3 人に 1 人以上です。画像診断で使用される低線量は、これをわずかに増加させる可能性があります。非常に複雑な画像下治療(IVR)および放射線治療に使用されるような高線量では、小児に皮膚の赤みなどの組織損傷が極めて稀に起こることがあります。

**c) どの医用画像診断検査で電離放射線が使用されるのですか？**

- 電離放射線を用いた最も一般的な画像診断法には、従来の X 線撮影、コンピュータ断層撮影(CT)、透視撮影法、および陽電子放出断層撮影法(PET) および単光子放出コンピュータ断層撮影法(SPECT) を含む核医学検査、ならびにこれらを組み合わせたハイブリッド技術(例えば、PET-CT) があります。

**d) 電離放射線を使用しない医用画像診断検査には何がありますか？**

- 電離放射線を使用しない一般的な画像診断は、超音波検査および磁気共鳴画像診断(MRI) の 2 つです。

**e) 何故放射線を使用しない検査を代わりに行うことができないのですか？**

- あなたのお子さんの担当医(例えば、小児科医、家庭医)は、画像診断の専門家に相談し、どのタイプの検査が最良であるかを判断することができます。
- 私たちは放射線を必要としない検査を検討しましたが、そのような検査では必要な情報が得られないと判断しました。
- あなたのお子さん個人の医療上の必要性を慎重に検討した上で、これが臨床的疑問に応える最良の検査です。
- 放射線を使用しない他の検査もありますが、この検査は治療計画に必要な情報を得るのに最適な方法です。

**f) うちの子供に必要なのですか？ 彼 / 彼女に今必要ですか？**

- 主治医および放射線科医が推奨する画像診断のリスク-便益分析を行いました。彼らは代替となる検査法も検討しましたが、この特殊な検査は、あなたのお子さんの診断や治療を助けるものとして推奨されます。
- 症状の中には自然治癒するものもあり、そのような症状の場合は検査が延期されることもあります。その他の症状の場合には、あなたのお子さんの治療のために早急な検査が必要です。

**g) この検査は危険ですか？ 考慮しなければならない長期的な影響やリスクの増加はありますか？**

- 画像診断は、非常に重要な情報を提供し、病院があなたのお子さんのケアに関して情報に基づいた治療方針を下すことを可能にし(たとえ検査結果が正常であっても)、命を救うこともあります。画像診断の放射線リスクは小さいものです。検査が正当なものと判断された場合、画像診断を受けないことによるリスクは、画像診断検査そのもののリスクよりはるかに大きなものです。
- 低線量被ばくを受けた人々が、がんを発症するリスクは、非常に低いですが、受けない人々よりは高くなると報告されています。
- 小児が生涯にわたってがんを発症する可能性は、3 人に 1 人以上です(一部の国では約 40%)<sup>1</sup>。がんが自然に発症する率は、放射線検査によってわずかに増える可能性があります。
- リスクは一般的に若年層で高くなります。つまり新生児では乳幼児や年上の小児に比べてリスクが高くなります。

<sup>1</sup> がん発生の生涯ベースラインリスクは国によって異なり、米国など一部の国ではこの割合が40%を超えている(BEIR, 2006)。国または地域のデータが利用可能な場合、この回答はそれに応じて調整することができる。

## h) 便益対リスクとは何ですか？

- 画像診断の便益とは、正確な診断、治療の正確なガイダンス、疾患の進行または改善のモニタリング、および治療の決定を含む広範囲に及びます。
- 画像診断で使用される低線量放射線からの放射線リスクは一般的に小さいものです。人が生涯を通じてがんを発症する可能性は、3人に1人以上です(一部の国では約40%)。画像診断で使用される低線量放射線は、このリスクをわずかに増やす可能性があります。非常に複雑な画像下治療 (IVR) および放射線治療に使用されるような高線量では、発赤などの組織反応が起こることがあります。

## i) 検査を受けないと、どうなるのですか？

- 画像診断は健康に及ぼす結果を改善するため、適切な時期に正確な診断をすることを目的としています。適切な検査を行わない場合、お子さんの診断や治療が正しく行われない、あるいは遅れることにより、健康に影響が及ぶ可能性があります。

## j) 誰が結果を解析し、私たちはどのようにしてその結果を受け取るのでしょうか？

- 画像診断は、画像の異常やその重篤度を読影し、検査後の管理や他の検査に関する見解を提供するために訓練された専門家によって解析されます。そのような専門家として、一般的には放射線科専門医および核医学専門医があげられますが、一部の国では、他の資格を有する医師または診療放射線技師も含まれます。
- 画像診断報告書は、依頼医である主治医に伝えられ、主治医はその内容を患者や介護する近親者および医療チームの他のメンバーと共有し、検討します。施設によっては報告書を患者に直接送るところもありますが、熟練した経験豊富な主治医によって確実に報告書の内容が患者や介護する近親者に説明されるべきです。

## k) うちの子供は、画像診断によりどのくらいの放射線を受けますか？

- 小児の組織は特に放射線感受性が高く、またがんなどの晩発影響を発症する可能性がある余命が長いので、小児の被ばく線量は合理的に達成可能な限り低く保つことが重要です。
- 画像診断データや画像の解析を損なうことなく、小児画像診断における被ばくを低減する多くの方法があります。
- 小児の放射線量は、小児の身体の大きさを考慮して、診断に必要な画像の詳細さと検査に基づいて調整されます。体格が小さい小児の場合は、診断可能な画像を撮影するために必要な放射線量も少なく済みます。

## l) 子供が最低限の線量で済むように調整することはできますか？

- はい、画質を損なうことなく、小児の画像診断における線量とリスクを低減する多くの技術があります。
- 私たちの施設では、放射線検査に小児用の線量を使用しています。

## m) この検査に小児用の線量を使用されるということをどのように確認できますか？

- 画像診断が必要とされ、正当化される場合、その施設で正しい線量が確実に使われており、適切なプロトコルと技術が用いられることをチェックすることが出来ます。
- 私たちは定期的に国内および国際的な基準や参考値と使用線量とを比較し、設定された範囲内に維持しています。

**n) 子供のために正しい放射線量が使用されているかどうかは、どうすれば分かりますか？**

- 実際の線量は、お子さんの体格や必要とする情報によって異なります。
- 国内および国際的な情報源(Image Gently<sup>2</sup> が推奨するプロトコルなど)を通じて有用なガイダンスを入手することができます。また、多くの国には、線量登録制度があり、診断参考レベル(DRL)と呼ばれる参考値を提供しています。
- お子さんに放射線検査を行う診療放射線技師は、必要な情報を得るための必要最小限の放射線使用のために、正しい手順が取られるか、もしくは取られたかの確認をお手伝いすることができます。

**o) 親の心配事について誰かに相談することができますか？**

- 数多くの医療従事者が小児科ケアに携わっています。お子さんのケアに関する質問を最初に相談するのは、お子さんの症状や病歴、および所定の治療計画に最も精通しているプライマリケア医(小児科医、家庭医など)です。
- 画像診断の専門家や放射線医療従事者およびそのサポートチーム(医学物理士、診療放射線技師など)は、検査の安全性、小児用の線量および放射線リスクに関する専門的な質問に答えることができます。
- 看護師およびその他の医療スタッフは、医療従事者とのさらに詳細なコミュニケーションの促進に役立ち、リーフレットや情報カードを提供することができます。

### 3.1.6.2 コンピュータ断層撮影(CT)

**a) CT スキャンとは何ですか？**

CT スキャンは、従来の X 線撮影では入手できない臓器や内部の詳細を示す身体の断面および 3D 画像を提供します<sup>3</sup>。

**b) CT スキャンの利点は何ですか？**

- CT スキャンは、従来の X 線撮影では入手できない臓器や内部の詳細を示す身体の断面および 3D 画像を提供します<sup>4</sup>。
- CT は救命の現場に価値のある情報を迅速かつ確実に提供します。これは、頭部、胸部、腹部 / 骨盤および骨の画像診断に特に有用です。
- その使用が適切で放射線量が最適化されている場合、CT の便益は潜在的なリスクをはるかに上回ります。本来は必要とされる正当化された CT を受けないリスクは、放射線被ばくのリスクよりはるかに大きいです。

**c) CT ではどれくらいの放射線が使われているのですか？**

- 放射線量は、臨床的に知りたい内容と患者の体格によって決定されます。
- 使用される実際の線量は、特定の検査、診断に必要な画質、患者の体格によって決まります。ほとんどの CT 装置には、小児用を含めて線量を最適化するための自動線量低減技術が搭載されています。

<sup>2</sup> <http://www.imagegently.org/>

<sup>3</sup> コンピュータ断層撮影法を指す「CAT」という非公式な言い方に馴染みがある国もある。

<sup>4</sup> レントゲン撮影を指す「X線」という用語に馴染みのある人々もいるかも知れない(CTでもX線が使用されている)。



- 小児の臓器の中には、成人よりも放射線感受性が高いものがあり、小児は余命が長いのがんなどの晩発影響が発生する恐れがあります。すべての施設のCTに共通しているのは、特に小児に対して、可能な限り低い線量を維持するという原則（ALARA と呼ばれます）です。
- 線量の減少は、画像の診断の質を損なうものであってはなりません。診断の質を損なうことなく、小児の画像診断における線量とリスクを低減させる多くの技術があります。
- 私たちの施設の放射線検査では、小児用の線量を使用します。

#### d) なぜ CT スキャンが推奨されるのですか？

- CT スキャンは、あなたのお子さんの診療に必要な情報を得るためには最良の検査であり、この情報は従来の X 線撮影<sup>5</sup>では得られません。
- CT は、身体の特定の領域（例えば、頭部、胸部、腹部）を撮像するのに理想的な装置です。
- CT 検査は非常に迅速であり、したがって、長時間静止していることが困難な非常に若い小児患者や重症の患者に特に適しています。

#### e) CT は私の子供の治療計画について、他の選択肢 / 代替法では診断できない、どのような内容を教えてくださいか？

- CT は、身体のある領域（例えば、頭部、胸部、腹部）を撮像するのに理想的な装置です。
- CT 検査は非常に迅速であり、したがって、長時間静止していることが困難な非常に若い小児患者や重症の患者に特に適しています。
- 放射線を使用しない他の検査もありますが、CT は、治療計画に必要な情報を提供するのに最適な検査です。

### 3.1.6.3 X 線透視

#### a) X 線透視とは何ですか？

- X 線透視は X 線動画のようなものです。透視では X 線パルスを用いて、体内の臓器やその動きをリアルタイムで表示します。
- X 線透視は、画像診断および治療（例えば、カテーテルやバルーンの留置、および心臓、脳その他の体内への他の画像下治療）の誘導に使用されます。
- 透視における放射線量は通常、単純 X 線撮影（例えば、胸部 X 線撮影）の場合よりも高く、手技の種類や患者の体格によって異なります。

#### b) なぜ X 線透視が推奨されるのですか？

- あなたのお子さんの診療に必要な情報を得るための最善の検査です。
- 様々な臓器を造影剤と呼ばれる医薬品が通過する様子や対象物が体内を移動する様子をリアルタイムに目視できることが、カテーテルを安全かつ正確に留置し、確実に画像下治療を行うためには必要です。

<sup>5</sup> 従来の放射線画像を指す「X線」という用語に馴染みのある人々もいるかも知れない（CTでもX線が使用されている）。

### c) これらの検査ではどれくらいの放射線が使用されますか？

- 放射線量は、具体的な検査、診断に必要な画質、患者の体格、手技の難易度、および画像診断装置の設定によって異なります。
- すべての X 線透視に共通するのは、特に小児において、可能な限り低い線量を維持するという原則(ALARA) です。これは、小児の臓器の中には、成人よりも放射線感受性が高いものがあり、小児は余命が長いので、がんなどの晩発影響が発生する可能性があるからです。
- 診断の質を損なうことなく、小児の画像診断における線量とリスクを低減させる多くの技術があります。
- 私たちの施設の X 線透視検査では、小児用の線量を使用します。

### d) 小児患者における X 線透視法の利点は何ですか？

- 身体のリアルタイム画像を提供し、体内の医療器具を適切に位置決めしたり、体内での様子(例えば、胃腸管内の造影剤)の観察を可能にする極めて有用な検査です。
- 検査が適切に要請され、最適化されている場合、X 線透視は損害をはるかに上回る便益を提供します。
- 放射線リスク以外にも、X 線透視による潜在的な損害には、感染や出血など画像下治療に関連するリスクが含まれます<sup>6</sup>。画像下治療のリスクは放射線リスクよりも大きいですが、正当化された治療がもたらす便益はすべてのリスクを上回ります。治療は、特定の状況(例えば、先天性心疾患)において救命につながります。

## 3.1.6.4 核医学

### a) 核医学とは何ですか？

- 核医学<sup>7</sup>では、放射性物質(例えば、トレーサー、放射性医薬品)が患者に投与された後、臓器の機能を評価します。核医学検査は、機能異常(例えば、甲状腺)または機能異常の部位(例えば、がんにおける骨シンチグラフィ)を特定するのに役立ちます。
- 核医学検査には、陽電子放出断層撮影法(PET) および単光子放出コンピュータ断層撮影法(SPECT) など CT または MRI と組み合わせたハイブリッド(すなわち複合した)画像化技術も含まれます。

### b) なぜ核医学検査が推奨されるのですか？

- あなたのお子さんの特定の診断のために必要な情報を得る最良の検査であるからです。
- 核医学検査は、他の画像検査では利用できない臓器機能に関する独自の情報を提供します。

### c) 核医学検査ではどれくらいの放射線が使われますか？

- 放射線量は、検査の種類、診断目的に必要なデータ、患者の体格、および画像診断装置の設定によって異なります。小児におけるルーチンでの核医学検査のほとんどは、

<sup>6</sup> これは、特定の手技に関する例でさらに詳しく説明することができる。例えば「血管から体内の臓器へ直接カテーテルを挿入する血管造影検査の場合の感染や出血など」。

<sup>7</sup> RI検査、アイソトープ検査とも呼ばれる。

低線量放射線(すなわち、少量の放射線)で行われ、多くの場合、透視検査よりもはるかに少ない被ばくとなります。

- すべての核医学施設に共通するのは、特に小児において、可能な限り低い線量を維持するという原則(ALARA)です。これは、小児の臓器の中には、成人よりも放射線感受性が高いものがあり、小児は余命が長いので、がんなどの晩発影響が発生する可能性があるからです。
- 線量低減が画像診断の質を損なうものであってはなりません。診断の質を損なうことなく、小児の画像診断における線量とリスクを低減する多くの技術があります。
- 私たちの施設では、確立されたガイドラインに従い、小児の体重に基づいた放射性医薬品の投与量を使用しています<sup>8</sup>。

#### d) 小児患者における核医学検査の利点は何ですか？

- 体の働きや疾患に関する重要な機能情報を提供することができる、非常に有用な独自のモダリティです。
- 適切に指示され、線量が最適化されている場合、核医学検査はリスクをはるかに上回る便益を提供します。

#### e) 放射能は患者の体内にどれくらいの期間存在するのですか？

- 放射性核種は多様です。トレーサーによって半減期(放射能の半分が体内から排出される時間)も異なります。例えば、最も一般的に使用される放射性同位体であるテクネチウム-99mは半減期が6時間であり、実際に2日半(60時間)で消失します<sup>9</sup>。
- 感度の高い機器を用いれば、画像診断検査施行後に放射能が検出される可能性はありますが、線量がその他の人々にリスクをもたらすレベルになることはほとんどありません。核医学チームは、非常にまれな状況ではありますが、介護する近親者が小児からの被ばくに注意する必要があることを伝えるでしょう。

#### f) 私の家族にとって追加のリスクはありますか？私たちが取るべき追加の注意点はありますか？

- 核医学検査を受けた後、家族が追加的予防措置を取る必要があることは稀です(上記参照)。
- 妊娠している家族は、核医学検査を行う施設に助言を求めるべきです。

### 3.1.7 主要なメッセージの例

#### 3.1.7.1 ImageGently キャンペーンにおける重要なメッセージ

以下は、ImageGently キャンペーンの許可を得て掲載する3つの重要なメッセージ(および関連するメッセージ)の例です(<http://www.imagegently.org/Procedures/Computed-Tomography>)。

#### a) CT は子供たちの命を救うのに役立ちます！

<sup>8</sup> この回答は、施設で利用されている基準を参照することによって、地域の状況に合わせて調整することができる。欧州核医学会(EANM)と北米核医学分子イメージング学会(SNMMI)は、小児核医学に関する勧告を提供している(Gelfand, Parisi および Treves, 2011; Lassmannら, 2007; Lassmannら, 2008)。

<sup>9</sup> これは単なる例であり、この答えは、検査の種類や使用される放射性核種の半減期に合わせて調整することができる。

**b) しかし、画像検査を行う際には放射線被ばくが問題となります。**

- i. 小児は放射線に対して敏感です。
- ii. 今行うことが子供たちの生涯にわたって影響し続けます。

**c) だから、画像検査を行うときは、(体に)優しく撮像しましょう！**

- i. 多ければ良いということではありません。
- ii. 適切な CT 検査を行うためには：
  - 1. 小児用の kV および mA 設定で行う
  - 2. スキャンは 1 回(单相)のみで十分である。
  - 3. 指定された領域のみスキャンを行う。

### 3.1.7.2 小児の CT における放射線リスクの情報例

これらは小児 CT における放射線リスクについて、対話の基礎として提案されている情報例である(Brody ら、2007 より)。

- 1. 放射線は、CT 検査に必要不可欠な構成要素である。
- 2. CT 検査の結果から生じる放射線被ばくのレベルは低い。
- 3. CT などの低レベル放射線被ばくと、がんの因果関係は明確ではないが、この問題を検討した専門家委員会は、線量の増加に伴って増大するリスクが小さいことを示唆している。
- 4. いくつかの研究において、CT 検査がその後のがんの発生のリスクを増加させる可能性があることが示されているが、そのリスクの正確な大きさについてはまだ分かっていない。その為 CT スキャンのリスクを推定しなければならないが、これらの推定値は、使用される情報によってかなり異なる。
- 5. CT の放射線被ばく量は、多くの要因、特に使用されるプロトコルや個々の検査のための装置の設定に依存する。
- 6. 一般に、適切に行われる小児の CT 検査では、小児の被ばく線量は、大人に施行される同じ CT 検査よりもはるかに少なくなければならない。
- 7. 臨床的に適応とされた CT 検査で得られる潜在的な便益については十分に実証されており、発がんリスクの可能性をはるかに上回る。

## 3.2 倫理的配慮

この節では、小児画像診断における情報に基づく意思決定プロセスを支援するための効果的な放射線リスクコミュニケーションの重要性を、法的な意味合いではなく原則について議論しつつ、倫理的な観点から強調している。

無危害(non-maleficence) と善行(beneficence) の原則(すなわち損害を加えず、便益をもたらせること)に基づき、医療従事者はすべての医療行為の便益とリスクの比率を最適化する倫理的責任を負っている。患者に便益をもたらす義務は、損害を加えない義務との均衡を保たなければならず、便益が損害を確実に上回ることを目標とする(Sokol, 2013)。これらの倫理原則を適用することは、リスクが不確実である場合には困難な作業になる可能性がある。これは、画像診断の低線量被ばくリスクを評価する

場合にもよく当てはまる。放射線被ばくリスクの過大評価は、放射線リスクを上回る有益な画像診断を患者に行わないという結果を招く恐れがある。医療従事者が画像診断の便益とリスクを誤って評価することにより患者に損害を与える可能性も考えられる (Brody および Guillerman, 2014)。

倫理と健康という観点から、人の尊厳を尊重することは、自主的で情報に基づいた自由な選択をする権利を含む。情報に基づく意思決定プロセスは、最終決定が強制されたものでなく、患者に提供された理解可能で透明性のある情報に基づいてのみ有効である。同意を得る方法はいくつかある。小児画像診断では、情報に基づいた意思決定プロセスは、通常、医療従事者と患者および介護する近親者との間の話し合いから成る。書面による同意書が単に話し合いの内容を文書化したものであっても、同意書に署名する行為が情報に基づく話し合いの代用ではないことに注意することが重要である。画像診断ではほとんどの場合、書面による同意は必要ではない。同意が必ずしも明確に示される必要はない(つまり「暗黙の同意」もあり得る)。

依頼医である主治医は、患者の管理のために、検査の臨床的な有用性と影響に関する情報を提供すべきである。便益とリスクに関する透明性のある情報にアクセスすることは、患者の根本的な権利である。この話し合いにおいては、個人情報とプライバシーの機密性を保つことが重要である。適切であれば、放射線量とそれに伴うリスクを低減するための措置を患者と親との話し合いに含めることができる。この情報では、不快感または不安をもたらす可能性のある検査の他の実際的な側面も説明することになるだろう。この話し合いでは、MRI や超音波による代替の画像診断、経過観察などの画像診断なしの管理、または後に患者の症状が変化してから検査を実行するなど、それぞれの便益とリスクを伴う他の選択肢についても検討されるであろう。話し合いに期待される結果は、放射線検査に伴うがん発生リスクの可能性を強調するのではなく、小児患者のための最も安全で最も効果的な方針を明確に説明することによって、介護する近親者(親や保護者など)の信頼を得ることである。

患者と親または保護者のいずれにも検査を受け入れる、もしくは反対する権利がある。

小児医療における情報に基づいた意思決定プロセスには、(明示的または暗黙の)親の同意、および小児の承諾する能力が関係する。承諾および同意のプロセスは、医療従事者、小児および介護する近親者間の継続的な双方向の話し合いの結果でなければならない。小児の承諾を得るため、医療従事者は、検査の性質とその医療における重要性を理解するのに役立つ、年齢にふさわしい情報を提供すべきである。年長の子供や青少年は、積極的に医療の決定に参加する能力を有している可能性がある。

緊急時には、医学的必要性のために承諾や同意を得る時間がないこともあるが(例えば救命措置の即時実施が必要な場合など)、小児および親に検査に関する説明と情報を適時的に提供すること(年齢に応じて適宜)が重要である。

## 3.3 医学界における対話の創造

### 3.3.1 参加者

患者および介護者とのコミュニケーションは、「電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準」の要件の1つである(BSS、2014)。医療行為に伴う便益とリスクを伝えることは、適正な医療行為の基礎を成す。画像診断を受ける小児患者に質の高いケアを提供することに関心をもつ様々なステークホルダーがいる(図16)。彼らが便益とリスクに関する対話に参加することは不可欠である。3つの主要な関係者(依頼医である主治医、患者と介護する近親者、放射線医療従事者)以外にも他の医療従事者<sup>10</sup>が関与している。診療放射線技師は、多くの場合、ケアの現場における最初の接触者であり、医学物理士はより高線量を使用する手技または線量の最適化について助言する。看護スタッフが患者のケアやコミュニケーションのために受けた訓練は、不安を感じている小児や親にとって非常に貴重であり、規制当局や保険支払人などの直接的なケアから離れた人々も、質の高い医療を確保するための効果的なコミュニケーションに関与すべきである。

適切に正当化され最適化された小児画像診断の便益について、より大きな医療コミュニティに伝達し、教育する機会はある。公衆衛生の役割は、地域社会との対話を創造し育成する機会を活用する点である。このコミュニケーション能力および教育能力は、医療従事者だけでなく、研究機関、専門家団体、管轄当局、および政策決定者ならびに意思決定者にまで及ぶ。要するに、医療における放射線リスクの評価、最小化、および規制に関与するすべての人々が、公衆衛生の範囲に含まれている。

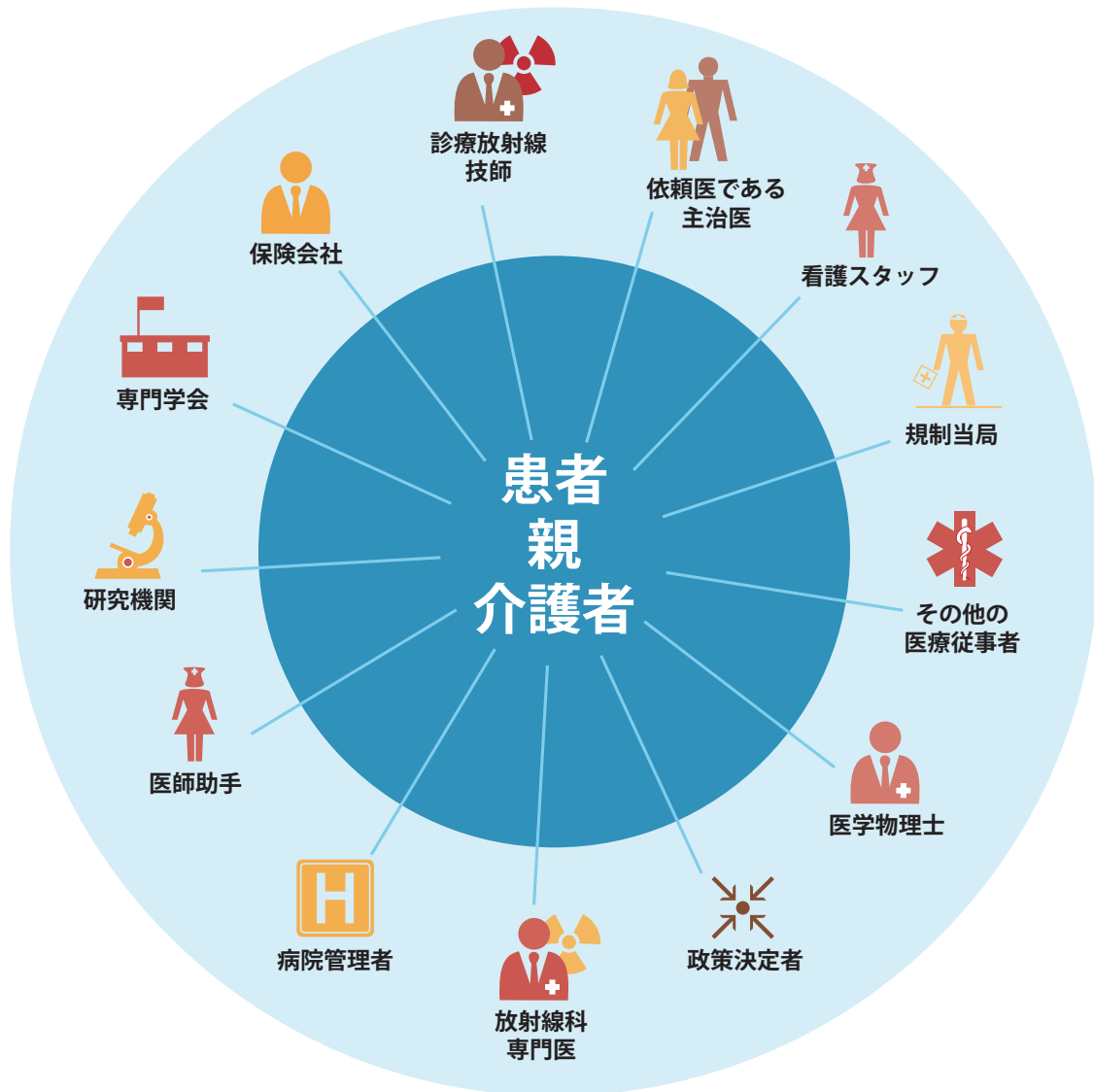
### 3.3.2 依頼医と放射線科専門医との対話

個々の患者およびその画像検査に関しては、主治医などの依頼医から撮影者への一方向のコミュニケーションは存在する。一般的な種類の検査(胸部X線撮影、脊柱側弯症検査、脳のCTスキャンなど)に関する線量およびリスクについても、撮影者から主治医に、より一般的なコミュニケーションが行われる。しかし重要なのは、双方向のコミュニケーションである。主治医と放射線医療従事者間の双方向のコミュニケーションは、臨床情報を伝達し、臨床上の問題を定式化し、別の検査のメリットを検討し、依頼された検査を正当化するために不可欠である。

この双方向コミュニケーションの第一歩は、照会または要請である。これは最善の検査法についての意見を求める主治医から放射線医療従事者への依頼である。この依頼では、患者の状態を伝えるように考案された臨床情報と、その検査で知りたい臨床的な疑問を提供すべきである。依頼をする際に、主治医はそもそも検査が必要かどうか、それが今必要かどうか、およびこの特定の患者にとって最良の検査であるかどうかをよく考える必要がある(表9参照)。検査の重複を回避し、可能性のある疾患を絞り込むために、過去の診断を参照する必要がある。どの検査を選択し要請するかは、慣習から明白かもしれないが、画像診断照会ガイドライン、臨床的意思決定支援または電子的要請シ

<sup>10</sup> 2.1.1節で定義されているように、「健康(医学、歯学、カイロプラクティック、足病学、看護学、医療物理学、医療放射線技術、放射性医薬品、労働衛生など)に関する専門的業務を実践するための国の適切な手続きを通じて正式に認められた個人」(BSS, 2014)。

図 16: 複数の関係者が小児画像診断における放射線の便益とリスクの伝達に関与している



システムのガイダンスに従わなければならない。高線量を使用するおよび / または一般的ではない検査の場合(または指針が十分に定められていない場合)、複数の分野にわたる検討または電話による話し合いが有用である。

直接話し合うことが不可能であったり、必要としない状況で、特に依頼された検査の変更が必要な場合、検査を正当化する放射線科専門医は電子カルテなどを通じて依頼医である主治医と対話を継続するべきである。検査の有効性と放射線安全に基づく対話に参加することは、個々の事例ならびに放射線に関する安全文化全体の促進に役立つ。このような話し合いに小児患者または親もしくは介護する近親者が参加することは意思決定に役立ち、情報に基づく意思決定プロセスを支援する。それは検査とその便益への理解を向上させるだろう。

### 3.3.3 画像診断スタッフと医療施設管理者との対話

画像診断部門のスタッフと医療施設管理者との対話は、小児患者の便益を最大化し、放射線被ばくリスクを最小限に抑える為に役立つ可能性がある。これらの話し合いには、以下のさまざまなテーマを含むべきである：

1. 小児の放射線防護の最適化を促進するために必要な技術が画像診断装置に確実に装備されるように、画像診断設備を計画し装備すること。
2. 適切なデザインと装飾を通じて、脅威のない、小児患者の安静を助ける画像診断施設環境を創出すること。
3. 適切な品質保証と品質改善措置が講じられていることを確認し、小児画像診断に携わるすべての要員がそれを遵守すること。
4. 小児画像検査の正当化のためのエビデンスに基づくガイドラインの使用を促進すること。
5. 画像診断装置およびプロトコルが、許容し得る最小限の線量で臨床目的に適した画質を提供し、利用可能な場合には、小児用の診断参考レベルが使用されることを確実化すること。
6. 放射線防護、リスク予防、リスクコミュニケーションに関する教育と訓練を含め、小児科の臨床現場における放射線のリスクおよび便益に関する対話を支援すること。
7. 小児画像診断を含む医療監査プログラムを実施すること。
8. 財政的な負担と検査の適切性との内在する矛盾に対処すること。
9. 放射線防護の基準とプロトコルを施設全体が確実に遵守すること。
10. 画像診断施設における安全文化を擁護し実施すること。

### 3.3.4 小児科医療に関わる他の医療従事者との対話

小児の画像診断における安全性と品質には、多くのさまざまな医療従事者の関与が必要である。画像診断スタッフには、放射線医療従事者、診療放射線技師、医学物理士、看護師を含む多分野の医療従事者チームが含まれている。小児の画像診断の多くは、放射線科以外の場所で行われる。**2.1 節**で議論されているように、放射線医療従事者という用語は、医療において電離放射線を使用する典型的な医療従事者（例えば、放射線科医、核医学専門医、画像下治療 (IVR) を行う医師）だけでなく、歯科医、循環器科医、泌尿器科医、消化器医、整形外科医、外科医、神経科医およびその他の医師が含まれる。国によっては、臨床医が胸部 X 線撮影などの単純 X 線撮影を自分の診療所で実施している。これらの専門家はすべて、放射線の便益とリスクに関する対話において果たすべき役割を担っている。

ケアの現場における緊急事態に先立ち、救急医と放射線医療従事者の間で重要な対話が行われるべきである。画像診断は、患者が医師の診察を受ける前に依頼されるべきではない。画像診断を依頼する際は、照会ガイドラインや適切なガイドラインに従うべきである。このような協議は、救急治療の緊急性によって個々の患者との詳細な話し合いを



行うことができない場合に、安全な診療パスを確立するために不可欠である。懸案として、多発外傷の小児患者に対するCTの正当化および最適化、もしくは小児患者の急性腹痛に対する超音波およびCTの選択などがある。

患者ケアに携わる他の専門家として、政策立案者、規制当局、機器メーカー、および医療情報学のサポートスタッフなどが挙げられる。例えば、製造業者と放射線医療従事者および医学物理士間の対話には、成人と小児の画像診断を考慮して画像診断装置がどのように設計され、適切な小児プロトコルと線量低減アルゴリズムが含まれているかを確認する方法が含まれていなければならない。

小児画像診断は、どこで行われても、これらの患者の具体的なニーズを考慮する必要がある。大部分の小児画像診断検査は、主に成人を撮影するために設計された施設で行われる。小児の画像診断は理想的には、常に小児を対象とした検査が行われる放射線科部門で行われることが望ましい。

### 3.3.5 便益とリスクに関する対話における公衆衛生の役割

国際機関、保健当局、規制機関、および研究機関は、画像診断の便益とリスクを伝達し説明する上で重要な役割を担っている。3.3.1節で述べたように、新しい基本安全基準では、患者と医療従事者との間の便益とリスクに関する対話に明示的に取り組んでいる。基本安全基準では、患者または患者の法的に認可された代理人に放射線検査に期待される診断上または治療上の便益および被ばくリスクの情報が知らされていない限り、症状の有無を問わずいかなる患者も、医療被ばくを受けないことを求めている。したがって、放射線防護および安全対策を支援するのは、政府および規制機関の責任である。政策立案者や意思決定者は、一般的に信頼できる情報源と見られているが、彼らはすべてのステークホルダーが小児の医療放射線被ばくの便益とリスクを認識し、放射線の安全性と医療の質を向上させるための小児画像検査の適切な利用に向けた取り組みに参加するよう促す機会をもっている。医学生やその他の医療専門職の研修生は、保健当局が様々なコミュニケーションチャンネルを通じて情報を伝えることができる独自の聴衆である。医学生やその他の医療専門職研修生に画像診断検査の便益とリスクの両方を教えることが不可欠である。これは、彼らがすべての画像診断検査の正当化の必要性を理解し、画像診断モダリティを正当に利用する文化を浸透させるのに役立つ。

効果的なリスクコミュニケーション戦略を通じて、専門家の学会および関連団体(例えば、患者団体)は、すべての画像検査が正当化されること、すべての小児画像診断に対して線量低減戦略を実施されることを主張することができる。保健当局は、線量の最適化、診断参考レベルのための線量登録システムの使用、および医学におけるガイドラインの使用を奨励する責任を負っている。彼らにはまた、効果的な教育と意識啓発キャンペーンを通じて、一般の人々を教育する機会がある。患者は画像診断が推奨される理由を医師に尋ねることができ、またそうすべきであることを知る必要があり、正当化されていない検査を避けるべきである。患者とその家族が画像診断の便益とリスクを理解し、必要な検査が拒否されず、病気をかかえる子供のタイムリーな治療介入と最適なケアが不必要に損なわれたり遅れたりすることがないことが最も重要である。

# 参考文献

- Accorsi R, Karp JS, Surti S (2010). Improved dose regimen in pediatric PET. *J Nucl Med.* 51 (2):293-300.
- ACR (2015). American College of Radiology's Appropriateness Criteria® guidance for right lower quadrant pain, variant 4. (<http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/AppCriteria/Diagnostic/RightLowerQuadrantPainSuspectedAppendicitis.pdf>, accessed 26 December 2015).
- Alqerban et al. (2009). In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 136(6):764.e1-11; discussion 764-5.
- Bacher K et al. (2005). Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. *Circulation.* 111:83-89.
- Baker DP et al. (2005). The role of teamwork in the professional education of physicians: current status and assessment recommendations. *Jt Comm J Qual Patient Saf.* 31(4):185-202.
- Baker DP et al. (2006). Teamwork as an essential component of high-reliability organizations. *Health Serv Res.* 41 (4 pt 2):1576-1598.
- BEIR (2006). Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2. Washington DC: National Academy of Sciences.
- Boice Jr JD (2015). Radiation epidemiology and recent paediatric computed tomography studies. *Ann ICRP.* 44(1):236-248.
- Bourguignon et al. (2005). Genetic and epigenetic features in radiation sensitivity. Part II: implications for clinical practice and radiation protection. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 32:351-368.
- Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W (2001). Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am J Roentgenol.* 176:289-96.
- Brenner D (2002). Estimating cancer risks from pediatric CT: going from the qualitative to the quantitative. *Pediatr Radiol.* 32:228-231.
- Brenner D et al. (2003). Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 100(24):13761-13766.
- Brenner D, Hall EJ (2007). Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 357:2277-2284.
- Broder JS et al. (2007). Increasing utilization of computed tomography in the pediatric emergency department 2000-2006. *Emerg Radiol.* 14:227-232.

- Broder JS and Frush DP (2014). Content and style of radiation risk communication for pediatric patients. *J Am Coll Radiol*. 11:238-242.
- Brody AS, Frush DP, Huda W, Brent RL (2007). Radiation risk to children from computed tomography. *Pediatrics*. 120(3):677-682.
- Brody AS and Guillerman RP (2014). Don't let radiation scare trump patient care: 10 ways you can harm your patients by fear of radiation-induced cancer from diagnostic imaging. *Thorax*. 69(8):782-784.doi:10.1136/thoraxjnl-2014-205499.
- BSS (2014). International Atomic Energy Agency, Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8930/Radiation-Protection-and-Safety-of-Radiation-Sources-International-Basic-Safety-Standards> , accessed 14 January 2016).
- Butikofer R and Fluckiger EO (2011). Radiation doses along selected flight profiles during two extreme solar cosmic ray events. *Astrophys Space Sci Trans*. 7:105-109 (<http://www.astrophys-space-sci-trans.net/7/105/2011/astra-7-105-2011.pdf>, accessed 20 December 2015).
- Chodick G, Ronckers CM, Shalev V, Ron E (2007). Excess lifetime cancer mortality risk attributable to radiation exposure from computed tomography examinations in children. *Israel Medical Association Journal*. 9:584-587.
- Dauer LT et al. (2011). Fears, feelings, and facts: interactively communicating benefits and risks of medical radiation with patients. *AJR*. 196:756-761.
- Douple EB et al. (2011). Long-term radiation-related health effects in a unique human population: lessons learned from the atomic bomb survivors of Hiroshima and Nagasaki. *Disaster Med Public Health Preparedness*.5:S122-S133.
- European Commission (2004). European guidelines on radiation protection in dental radiology - The safe use of radiographs in dental practice. Issue N° 136 of Radiation Protection. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/136.pdf>, accessed 20 December 2015).
- European Commission (2012). Radiation Protection 172, 2012; Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology - Evidence-based guidelines. Issue N° 172 of Radiation Protection. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities ([http://www.sedentext.eu/files/radiation\\_protection\\_172.pdf](http://www.sedentext.eu/files/radiation_protection_172.pdf), accessed 21 December 2015).
- EPA (2007). Communicating radiation risks. Washington DC: U.S.Environmental Protection Agency.
- Eccles S et al. (2001). Effect of audit and feedback, and reminder messages on primary-care radiology referrals: a randomised trial. *Lancet*. 357:1406-1409.
- Fahey FH, Treves ST & Adelstein SJ (2011). Minimizing and communicating radiation risk in pediatric nuclear medicine. *J Nucl Med*. 52:1240-1251. (<http://www.imagegently.org/Portals/6/Nuclear%20Medicine/Radiation%20dose%20and%20risk%20ref%202.%20J%20Nucl%20Med-2011-Fahey-1240-51%20.pdf>, accessed 15 December 2015).
- Frush DP, Applegate K (2004). Computed tomography and radiation: understanding the issues. *J Am Coll Radiol*. 1: 113-119.
- Frush DP, Donnelly LF & Rosen NS (2003). Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics*. 112:951-957.

- Galanski M, Nagel HD & Stamm G. Paediatric CT exposure practice in the Federal Republic of Germany – results of a nation-wide survey in 2005/06. ([http://www.mh-hannover.de/fileadmin/kliniken/diagnostische\\_radiologie/download/Report\\_German\\_Paed-CT-Survey\\_2005\\_06.pdf](http://www.mh-hannover.de/fileadmin/kliniken/diagnostische_radiologie/download/Report_German_Paed-CT-Survey_2005_06.pdf), accessed 20 December 2015).
- Gelfand MJ, Parisi MT & Treves T (2011). Pediatric Radiopharmaceutical Administered Doses: 2010 North American Consensus Guidelines. *J Nucl Med.* 52:318-322. ([http://www.imagegently.org/Portals/6/Procedures/Pediatric\\_dose\\_consensus\\_guidelines\\_Final\\_2010.pdf](http://www.imagegently.org/Portals/6/Procedures/Pediatric_dose_consensus_guidelines_Final_2010.pdf), accessed 23 December 2015).
- Guillerman RP (2014). From “Image Gently” to image intelligently: a personalized perspective on diagnostic radiation risk. *Pediatr Radiol.* 44(3):S444-S449.
- Hadley JL, Agola J & Wong P (2006). Potential impact of the American College of Radiology appropriateness criteria on CT for trauma. *AJR.* 186:937-942.
- ICRP (2001). Explanatory note: Diagnostic reference levels in medical imaging: review and additional advice. International Commission on Radiological Protection ([http://www.icrp.org/docs/DRL\\_for\\_web.pdf](http://www.icrp.org/docs/DRL_for_web.pdf), accessed 25 December 2015).
- ICRP (2007a). ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP.* 37(2-4).
- ICRP (2007b). ICRP Publication 105: Radiological protection in medicine. *Ann ICRP.* 37(6).
- ICRP (2012). ICRP Publication 118: ICRP statement on tissue reactions / early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. *Ann ICRP.* 41 (1 /2).
- ICRP (2013a). ICRP Publication 120: Radiological protection in cardiology. *Ann ICRP.* 42(1).
- ICRP (2013b). ICRP Publication 121: Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. *Ann ICRP.* 42(2).
- Miller D et al. (2010). Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiology.* 257(2):321-332.
- Johnson JN et al. (2014). Cumulative radiation exposure and cancer risk estimation in children with heart disease. *Circulation.* 130(2):161-167 (<http://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.10091269>, accessed 26 December 2015).
- Kawamoto K et al. (2005). Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ.* 330(7494):765.
- Lam DL et al. (2015). Communicating potential radiation-induced cancer risks from medical imaging directly to patients. *AJR.* 205:1-9. doi:10.2214/AJR.15.15057.
- Larson DB et al. (2007). Informing parents about CT radiation exposure in children: it's ok to tell them. *AJR.* 189:271-275.
- Larson DB et al. (2015). Toward large-scale process control to enable consistent CT radiation dose optimization. *AJR.* 204(5):959-66.
- Lassmann M et al. (2007). The new EANM paediatric dosage card. *Eur J Nucl Med Mol Imag.* 34(5):796-798.
- Lassmann M et al. (2008). The new EANM paediatric dosage card: additional notes with respect to F-18. *Eur J Nucl Med Mol Imag.* 34(5):796-798.

- Lassmann M et al. (2014). Paediatric radiopharmaceutical administration: harmonization of the 2007 EANM paediatric dosage card (version 1.5.2008) and the 2010 North American consensus guidelines. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*.41(5):1036-1041.
- Lau L & Ng KH, eds. (2014). *Radiological safety and quality – paradigms in leadership and innovation*. London: Springer.
- Levetown M (2008). Communicating with children and families: from everyday interaction to skill in conveying distressing information. *Pediatrics*. 121(5):e1441-1460.
- Lee C et al. (2004). Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology*. 231(2):393-398.
- Linton OW & Mettler FA (2003). National conference on dose reduction in CT, with emphasis on pediatric patients. *AJR*. 181:321-329 (<http://imaging.cancer.gov/programmesandresources/reportsandpublications/NationalConferenceonDoseReductioninCT>, accessed 22 December 2015).
- Lonelly LF et al. (2008). IRQN Award Paper: Operational rounds: a practical administrative process to improve safety and clinical services in radiology. *J Am Coll Radiol*. (5) 11:1142-1149.
- Lonelly LF et al. (2009). Improving patient safety: effects of a safety program on performance and culture in a department of radiology. *AJR*.193:165-171.
- Matthews JD et al. (2013). Cancer risk in 680000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ*. 346:f2360 (<http://www.bmj.com/content/346/bmj.f2360>, accessed 27 December 2015).
- McCullough CH, Bushberg JT, Fletcher JG, Eckel LJ (2015). Answers to common questions about the use and safety of CT scans. *Mayo Clin Proc*. 90(10):1380-1392.
- Mettler FA Jr, Wiest PW, Locken JA, Kelsey CA (2000). CT scanning: patterns of use and dose. *J Radiol Prot*. 20:353-359.
- Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M (2008). Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalogue. *Radiology*. 248(1):254-263.
- Michie S & Johnston M (2004). Changing clinical behaviour by making guidelines specific. *BMJ*. 328:343-345.
- Miglioretti DL et al. (2013). The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatrics*. 167(8):700-707. doi:10.1001/jamapediatrics.2013.311 (<http://archpedi.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=l696279>, accessed 22 December 2015).
- Muhogora WE et al. (2010). Paediatric CT examinations in 19 developing countries: frequency and radiation dose. *Radiation Protection Dosimetry*. 140(1):49-58.
- Mulkens TH et al. (2005). Comparison of effective doses for low-dose MDCT and radiographic examination of sinuses in children. *AJR*.184:1611-1618.
- NCRP (2003). Report 145:Radiation protection in dentistry. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurements.
- NCRP (2009). Report 160: Ionizing radiation exposure of the population of the United States. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurements.

- NCRP (2011). Report 168: Radiation dose management for fluoroscopically-guided interventional medical procedures. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurements.
- NHS (2000). An organisation with a memory – Report of an expert group on learning from adverse events in the NHS. London: Department of Health.
- Oakeshott P, Kerry SM, Williams JE (1994). Randomized controlled trial of the effect of the Royal College of Radiologists' guidelines on general practitioners' referrals for radiographic examination. *Br J Gen Pract.* 44(382):197-200.
- Oikarinen H, Meriläinen S, Pääkkö E, Karttunen A, Nieminen MT, Tervonen O (2009). Unjustified CT examinations in young patients. *Eur Radiol.* 19:1161-1165 (<http://link.springer.com/article/10.1007/s00330-008-1256-7#page-1>, accessed 14 January 2016).
- Pearce M et al. (2012). Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet.* 380(9840):499-505 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60815-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60815-0), accessed 21 December 2015).
- Perez MR (2015). Referral criteria and clinical decision support: radiological protection aspects for justification. *Ann ICRP.* 44(1):276-287.
- Picano E (2004). Informed consent and communication of risk from radiological and nuclear medicine examinations: how to escape from a communication inferno. *BMJ.* 329(7470):849-851.
- Raja AS et al. (2012). Effect of computerized clinical decision support on the use and yield of CT pulmonary angiography in the emergency department. *Radiology.* 262(2):468-74 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3267081/>, accessed 19 December 2015).
- RCR (1993). Royal College of Radiologists Working Party. Influence of Royal College of Radiologists' guidelines on referral from general practice. *BMJ.* 306(6870):110-1 ([http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8435606?ordinalpos=1&itool=EntrezSyst.. \\$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8435606?ordinalpos=1&itool=EntrezSyst..%$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed), accessed 25 December 2015).
- RCR (1994). Royal College of Radiologists' guidelines on general practitioners' referrals for radiographic examination. *Br J Gen Pract.* 44(386):427-8 (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1238864&blobtype=pdf>, accessed 23 December 2015).
- RCR (2012). The Royal College of Radiologists. iRefer: making the best use of clinical radiology, 7th edition. London: The Royal College of Radiologists (<http://www.rcr.ac.uk/content.aspx?PageID=995>, accessed 23 December 2015).
- Rehani M & Frush DP (2010). Tracking radiation exposure of patients. *Lancet.* 376(9743):754-755.
- Rehani M & Frush DP (2011). Patient exposure tracking: the IAEA smart card project. *Radiat Prot Dosimetry* 147:314-316.
- Rehani M, Frush DP, Berris T, Einstein AJ (2012). Patient radiation exposure tracking: worldwide programs and needs—results from the first IAEA survey. *Eur J Radiology.* 81(10):968-976.
- Riccabona M (2006). Modern paediatric ultrasound: potential applications and clinical significance. A review. *Clinical Imaging.* 30(2):77-86.

- Sandman P (1993). Responding to community outrage: strategies for effective risk communication. Falls Church (VA): American Industrial Hygiene Association (<http://psandman.com/media/RespondingtoCommunityOutrage.pdf>, accessed 25 January 2016).
- Scally G and Donaldson LJ (1998). The NHS's 50 anniversary. Clinical governance and the drive for quality improvement in the new NHS in England. *BMJ*. 317(7150):61-5.
- Seuri R et al. (2013). How Tracking Radiologic Procedures and Dose Helps: Experience From Finland. *AJR*. 200(4):771-775.
- Shenoy-Bhangle A, Nimkin K, Gee MS (2010). Pediatric imaging: current and emerging techniques. *J Postgrad Med*. 56(2):98-102.
- Sidhu M. et al. (2010). Radiation safety in pediatric interventional radiology. *Tech Vasc Inter Radiol*. 13:158-166.doi: 10.1053/j.tvir.2010.03.004.
- Sistrom CL, Dang PA, Weilburg JB, Dreyer KJ, Rosenthal DI, Thrall JH (2009). Effect of computerized order entry with integrated decision support on the growth of outpatient procedure volumes: seven-year time series analysis. *Radiology*. 251(1):147-155. (<http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2511081174>, accessed 23 December 2015).
- Sistrom CL, Weilburg JB, Rosenthal DI, Dreyer KJ, Thrall JH (2014). Use of imaging appropriateness criteria for decision support during radiology order entry: the MGH experience. In: Lau L and Ng KH, eds. *Radiological safety and quality – Paradigms in leadership and innovation*. London: Springer.
- Smans K et al. (2008). Calculation of organ doses in x-ray examinations of premature babies. *Med Phys*. 35(2):556-68.
- Sokol DK (2013). "First do no harm" revisited. *BMJ*. 347:f6426. doi:<http://dx.doi.org/10.1136/bmj.f6426>.
- Strauss KJ et al. (2010). Image Gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR*. 194:868-873.
- Strauss KJ, Frush DP and Goske MJ (2015). Image Gently campaign: making a world of difference. *Medical Physics International Journal* 3(2) (<http://mpijournal.org/pdf/2015-02/MPI-2015-02-p094.pdf>, accessed 8 February 2016).
- Swanick CW et al. (2013). Comparison of Conventional and Simulated Reduced-Tube Current MDCT for Evaluation of Suspected Appendicitis in the Pediatric Population. *AJR Am J Roentgenol*. 201 (3): 651-658.
- Tsapaki V et al. (2009). Radiation exposure to patients during interventional procedures in 20 countries: initial IAEA project results. *AJR*. 193(2):559-569.doi: 10.2214/ AJR.08.2115.
- Thomas KE et al. (2006). Assessment of radiation dose awareness among paediatricians. *Pediatric Radiology*. 36(8):823-832.
- Thornton RH et al. (2015). Patient perspectives and preferences for communication of medical imaging risks in a cancer care setting. *Radiology*. 275(2):545-52.
- Uffmann M & Schaefer-Prokop C (2009). Digital radiography: the balance between image quality and required radiation dose. *Eur J Radiol*. 72:202-208.
- UNSCEAR (2000). Sources and effects of ionizing radiation. Volume I: Sources. UNSCEAR 2000 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations.

- UNSCEAR (2008). UNSCEAR 2006 Report. Effects of ionizing radiation. Volume I: Report to the General Assembly, Scientific Annexes A and B. UNSCEAR 2006 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations.
- UNSCEAR (2010). UNSCEAR 2008 Report. Sources and effects of ionizing radiation. Volume I: Sources: Report to the General Assembly, Scientific Annexes A and B. UNSCEAR 2008 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations.
- UNSCEAR (2013). UNSCEAR 2013 Report. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Volume II: Scientific Annex B: Effects of radiation exposure of children. UNSCEAR 2013 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations.
- Vassileva J et al. (2012). IAEA survey of pediatric CT practice in 40 countries in Asia, Europe, Latin America, and Africa: Part 1, frequency and appropriateness. *AJR*. 198(5):1021-1031.doi:10.2214/ AJR.11.7273.
- WHO (2006). Quality of care – a process for making strategic choices in health systems. Geneva: World Health Organization.
- WHO (2015a). World Health Statistics. Luxembourg: World Health Organization.
- WHO (2015b). Tracking universal health coverage: first global monitoring report. Geneva: World Health Organization.
- Zou L et al. (2011). Medical students' preferences in radiology education a comparison between the Socratic and didactic methods utilizing PowerPoint features in radiology education. *Acad Radiol*. 18(2):253-6.doi: 10.1016/j.acra.2010.09.005.



# 添付文書

添付文書 A: 略語集

添付文書 B: 用語集

添付文書 C: 補足資料

# 添付文書 A. 略語集

訳注：組織名の訳は必ずしも正式な定訳ではない。

ALARA	(As low as reasonable achievable) 合理的に達成可能な限り低く
BSS	(Basic safety standards) 基本安全基準
CBCT	(Cone-beam computed tomography) コーンビームコンピュータ断層撮影法
CDS	(clinical decision support) 臨床的意思決定支援
CR	(computed radiography) コンピュータX線撮影、デジタルX線撮影
CT	(computed tomography) コンピュータ断層撮影
DIP	(diagnostic imaging pathways) 画像診断パス
DITTA	(Diagnostic Imaging, Healthcare IT and Radiation Therapy Trade Association) 国際画像診断・医療IT・放射線治療産業連合会
DPS	(disintegrations per second) 1秒あたりの壊変数
DR	(digital radiography) デジタルX線撮影
DRL	(diagnostic reference level) 診断参考レベル
DRR	(diagnostic reference range) 診断参考レンジ
FDG	(fludeoxyglucose) フルデオキシグルコース
ICNIRP	(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) 国際非電離放射線防護委員会
ICRP	(International Commission on Radiological Protection) 国際放射線防護委員会
IOMP	(International Organization for Medical Physics) 国際医学物理学会
ISR	(International Society of Radiology) 国際放射線学会
ISRRT	(International Society of Radiographers and Radiological Technologists) 国際放射線技術学会
LAR	(lifetime attributable risk) 生涯寄与リスク
LBR	(lifetime baseline risk) 生涯ベースラインリスク
LNT	(linear non-threshold) しきい値なし直線
MRI	(magnetic resonance imaging) 磁気共鳴画像診断
MSCT	(multi-slice computed tomography) マルチスライスコンピュータ断層撮影
PA	(poster anterior) 背後から前方向に
PET	(positron emission tomography) 陽電子放出断層撮影
PPFS	(Patients for Patients Safety) 患者自身による患者の安全の会
RCR	(Royal College of Radiologists) 英国王立放射線科専門医学会
RMP	(radiological medical practitioner) 放射線医療従事者
SPECT	(single-photon emission computed tomography) 単光子放出コンピュータ断層撮影
UN	(United Nations) 国際連合
UNICEF	(United Nations Children's Fund) 国際連合児童基金 (ユニセフ)
UNSCEAR	(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 原子放射線の影響に関する国連科学委員会
US	(ultrasound) 超音波
VCUG	(voiding cystourethrograms) 排泄性膀胱尿道造影法
WFUMB	(World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology) 世界超音波医学学術連合
WHO	(World Health Organization) 世界保健機関
WONCA	(World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Practitioners and Family Physicians) 世界家庭医機構

# 添付文書 B. 用語集

本書には、放射線防護の分野で一般的に使用されているが、必ずしも医療従事者には馴染みのない用語がいくつか含まれている。本書における意味を読者に説明するため、この用語集にはこれらのいくつかが含まれている。その他の関連用語の定義は、BSS (2014) などの報告書および以下の出版物で引用されている：

- WHO (2009). Conceptual framework for the international classification for patient safety Geneva: World Health Organization ([http://www.who.int/patientsafety/implementation/taxonomy/icps\\_technical\\_report\\_en.pdf](http://www.who.int/patientsafety/implementation/taxonomy/icps_technical_report_en.pdf), accessed 28 January 2016).
- IAEA (2007). IAEA safety glossary. Terminology used in nuclear safety and radiation protection. Vienna: International Atomic Energy Agency ([http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1290\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1290_web.pdf), accessed 28 January 2016).

**吸収線量 (Absorbed dose):** 電離放射線によって照射された媒体に与えられる単位質量当たりの平均エネルギー。

**急性影響 (Acute effects):** 被ばく後短期間(数分～数日)に起こる副作用。

**急性被ばく (Acute exposure):** ヒトまたは生物の一生と比較して短時間に起こる被ばくで、通常は単回の被ばくまたはヒトの 24 時間以内の摂取からによる。

**被ばく時年齢 (Age-at-exposure):** 放射線に被ばくした時点での個人の年齢。ヒトの疫学データに基づくがんリスクモデルでは、高齢層よりも若年層における被ばくの生涯リスクが高いことを予測している。

**ベクレル (Becquerel):** 国際単位系において 1 秒あたりの壊変に相当する放射能の単位。

**がん (Cancer):** 異常細胞の制御できない増殖を特徴とする関連疾患群。

**がんリスク推定 (Cancer risk estimate):** 放射線被ばくによって一定期間内にがんを発症する可能性。

**発がん因子 (Carcinogen):** がんを誘発することができる物理的、化学的または生物学的因子。

**介護者 (Caregivers):** 放射線医学的処置を受けている患者のケア、サポート、および快適性において、自発的に(職業以外で)支援する人々。彼らはまた、「介護者(carer)」または「介助者(comforter)」とも呼ばれている。

**小児 (Child):** 本書では、18 歳未満の人間を指す。法律および人権に関して、特定の国の法律が成人期の若い人に関して法的年齢を定めていない限り、ユニセフは 18 歳未満を小児と定義している。

**預託線量 (Committed dose):** 放射性物質の摂取後に(すなわち、内部被ばく後に)生涯にわたって受けると予想される線量。

**確定的影響 (Deterministic effects):** 重篤度が被ばく線量によって異なる健康影響で、典型的にはあるレベルの線量(しきい値)を超えた場合にのみ生じる。「組織反応」または非確率的影響とも呼ばれる。

**線量 (Dose):** 一般的な用語としては、ある対象に吸収される放射線量またはエネルギー量を示す。関連用語：absorbed dose (吸収線量)、committed dose(預託線量)、dose estimate(線量推定値)、effective dose (実効線量)。

**線量評価 (Dose assessment):** 個人または集団に対する線量の評価。

**線量係数 (Dose coefficients):** 取り込まれた放射性物質の量(放射性核種摂取量)を組織や臓器の線量または全身線量に変換するために使用される係数。これらの係数(「線量換算係数」とも呼ばれる)は、放射性核種、取り込み経路(例えば、吸入、摂取)、化合物および人の年齢に依存する可能性がある。通常、単位摂取量当たりの線量として表される。1 ベクレルあたりのシーベルト(Sv/Bq)。

**線量推定値 (Dose estimate):** 特定の被ばく状況で受けた線量の代表値。これらは、実際の線量ではなく、標準的な値の近似計算(例えば、異なる医用画像診断検査に対する患者線量の推定値)である。Dose(線量)を参照のこと。

**線量限度 (Dose limit):** 計画被ばく状況において、個人の実効線量または等価線量として超えてはならない値。線量限度は、作業員および公衆被ばくに適用されるが、医療被ばくには適用されない。

**線量率 (Dose rate):** 単位時間あたりの線量。

**線量 - 反応関係 (Dose-response relationship):** 生物、系または(亜) 集団における線量の大きさと生物学的応答との関係。関連用語：dose-effect relationship(線量 - 効果関係)。

**実効線量 (Effective dose):** 各臓器への吸収線量と放射線加重係数との積に組織および臓器の放射線感受性を考慮した組織加重係数を乗じた総和。関連用語：absorbed dose(吸収線量)。

**実効半減期 (Effective half-life):** 放射性壊変、生物学的半減期などすべての関連プロセスの結果として、体内の放射性核種の放射能が半分になるまでの時間。物理的な半減期は、特定の放射性核種の放射能が放射性壊変プロセスを通じて半減するのに必要な時間である。生物学的半減期は、生物学的プロセスの結果として特定の組織、臓器または身体の領域内の放射性物質の量が半分になるのにかかる時間である(半減期も参照)。

**等価線量 (Equivalent dose):** 組織または臓器上で平均化された吸収線量に、放射線加重係数(放射線の種類によって異なり、生成された電離密度に関連する)を乗じて算出する。

**被ばく (Exposure):** 体外(すなわち外部被ばく)または体内(すなわち内部被ばく)の線源からの放射線にさらされた状態または状況。

**外部被ばく (External exposure):** (被ばくを参照)。

**家族 (Family):** 親や小児の世話に関わっている近親者(介護者を参照)。

**家庭医 (Family physician):** プライマリケア志向の専門医としての家庭医学/一般診療を行う医師。(一般開業医を参照)。

**一般開業医 (General practitioner):** プライマリケア志向の専門医としての家庭医学/一般診療を行う医師。(家庭医も参照)。

**半減期 (Half-life):** 放射性壊変と同様の指数関数的パターンに従うプロセスの結果として特定の場所において特定の物質(例えば、放射性核種)の量が半分に減少するのにかかる時間(実効半減期も参照)。

**ハザード(有害性) (Hazard):** 物質が有する有害な影響の種類と性質。生物、系または(亜)集団において損害を引き起こす固有の能力。ハザードの特定は、リスク評価のプロセスの第一歩である。

**健康 (Health):** 健康とは、病気でないとか、弱っていないということではなく、肉体的にも、精神的にも、そして社会的にも、すべてが満たされた状態にあることをいう。(WHO 憲章の定義)。

**健康影響 (Health effect):** 診断または疫学的方法のいずれかによって特定可能な個人または集団における健康状態の変化。

**健康リスク (Health risk):** ある状況下または特定の危険(例えば、放射線)への曝露によって健康影響が発生する可能性または確率。

**内部被ばく (Internal exposure):** (被ばくを参照)。

**電離放射線 (Ionizing radiation):** 原子から電子を除去するのに十分高いエネルギーを有し、生体物質中にイオン対を生成することができる放射線のこと。たとえば、X線写真またはコンピュータ断層撮影(CT)を行うために利用される装置によって生成されたX線。

**晩発影響 (Late effects):** 数カ月～数年間の症状のない潜伏期の後に起こる放射線の影響。(訳注：delayed effects (遅延性影響)とは分けて訳した。)

**潜伏期間 (Latency):** 潜在的なハザードの暴露(例えば、放射線被ばく)から関連する健康影響の出現までの時間。

**生涯寄与リスク (LAR) (Lifetime attributable risk):** 母集団の代表構成員が放射線に被ばくしたことにより、がんが早まって誘発される確率。

**生涯ベースラインリスク (LBR) (Lifetime baseline risk):** 放射線被ばくがない場合に、生涯にわたって特定の病気に罹る確率。

**しきい値無し直線モデル (Linear no-threshold model):** 全ての線量域において、健康影響は線量に正比例(すなわち直線性の線量反応)しており、しきい値(それ未満では影響があると予想される値)は存在しないと仮定したリスクモデル。

**長期的影響 (Long-term effects):** 被ばく後の長期間(生涯の年数)に生ずる可能性のある副作用。

**医学物理士 (Medical physicist):** 医学に物理学を応用する概念と技法の専門教育と訓練を受けた医療従事者で、医療物理学の1つ以上の専門分野(例：診断放射線医学、放射線治療、核医学)を独立して実践する能力を持つ者。

**モデリング**(リスクモデリング) (Modelling (riskmodelling)): 推定された被ばくに関連するリスクの大きさを数学的関数を使用して計算することによって確立された定量的関係性。

**自然バックグラウンド放射線** (Natural background radiation): 土壌中の天然に存在する放射性核種に起因する大地放射線、宇宙空間に由来する宇宙線など、人がさらされる自然由来の放射線の量。

**非電離放射線** (Non-ionizing radiation): 原子や分子をイオン化するのに十分なエネルギーを持っていない電磁波。非電離放射線の医学的使用の例は、音波を利用する超音波検査および強磁場、電波および磁場勾配の組み合わせを利用する磁気共鳴画像診断(MRI)である。

**核医学医** (Nuclear medicine physician): 放射線医薬品と呼ばれる放射性物質を使用して身体器官の画像を撮影したり、疾患を治療したりする医師。

**臓器線量** (Organ dose): 人体の特定の組織または臓器における平均吸収線量。組織線量とも呼ばれる。

**小児** (Paediatric): 子供のこと(すなわち 18 歳未満の患者を指す)。

**小児科医** (Paediatrician): 小児のプライマリケア志向の専門医として、小児の身体的、行動的および精神的健康を、出生から 18 歳まで管理する医師。数多くの小児専門分野(例えば、小児心臓医、小児神経科医、小児外科医など)に特化した医師がいる。小児放射線科は放射線科の副専門分野である。

**手技** (Procedure): 本書において、この用語は、診断検査または画像下治療(IVR)のいずれかを指すために使用される。(訳注: 文脈に応じて「検査」「治療」「手技」を使い分けて訳した。)

**提供者** (Providers): 本書において、この用語は医療従事者を指す。医師、医師助手、診療放射線技師、技術者、医学物理士、オステオパシー専門医、足病医(足治療師)、歯科医、カイロプラクティック、心理学者、検眼専門医、看護師などがある。

**放射線** (Radiation): 物質を通過するエネルギー。本書では、電離放射線を指す。画像診断に使用される放射線は、エネルギー量子または光子と呼ばれる最小サイズの塊で移動する電磁放射線である。光子は、その波長とエネルギーによって特徴付けられる。波長が短ければ短いほど、光子はより高いエネルギーを有する。電離放射線および非電離放射線も参照のこと。

**放射能** (Radioactivity, activity): 不安定な原子核の性質で、光子(例えば、ガンマ線)または亜原子粒子(例えば、アルファ粒子またはベータ粒子)の形態でエネルギーを自発的に放出させる。放射能の量は、単位時間当たりの平均壊変数として定義される。国際単位系の放射能の単位は、毎秒( $s^{-1}$ )で、ベクレル(Bq)と呼ばれる。

**X 線技師** (Radiographer): (診療放射線技師を参照)。

**放射線医療従事者** (Radiological medical practitioner): 放射線の医療用途における専門教育および訓練を有する医療専門家。所定の専門分野(例えば、放射線診断医、放射線治療医、核医学診断医、歯科医、循環器科医など)における放射線被ばくを含む手技を独立して実施する、もしくは監督する能力を有する。

**診療放射線技師 (Radiological technologists):** 「X線技師」とも呼ばれる。画像診断検査を実施し、画像下治療(IVR)に参加し、放射線治療を施行する医療従事者。

**放射性核種 (Radionuclide):** 原子核の構成によって特徴づけられる放射性の原子の種類。

**放射性医薬品 (Radiopharmaceuticals):** 少量の放射性同位体に結合した分子または化学物質。患者に投与すると、臓器および臓器系内で特異的に局在化することができる。

**放射性医薬品薬剤師 (Radiopharmacist):** 放射性医薬品の専門教育と訓練を受けた医療従事者で、診断や治療の目的で使用される放射性医薬品の調剤と配給を担当する。

**放射性トレーサー (Radiotracer):** 化合物中の安定した化学元素に置き換わり(放射性標識されたと言われる)、放射線検出器によって追跡可能な放射性同位元素。特に核医学に使用される。

**依頼医 (Referrer):** 「紹介医」とも呼ばれる。国家試験有資格者で電離放射線を利用する医療処置(診断的または治療的な放射線医学的処置)のために放射線科専門医に患者を紹介することができる臨床医。(訳注：日本では、多くの場合、主治医が依頼医の役割を果たしていることから、本文では文脈により、依頼医あるいは主治医と訳している)

**リスク (Risk):** 被ばくまたは潜在的な被ばくに関連する有害な結果の可能性。本書において、この用語は、画像診断における放射線被ばくに関連する健康リスクを指すために使用される。これには、認識されているリスク(すなわち、高線量の手技)ならびに潜在的なリスク(すなわち、大半の画像診断検査)が含まれる。

**リスクモデル (Risk model):** 特定の被ばくに関連するリスクの大きさの計算を可能にする数学関数。

**シーベルト (Sievert):** 国際単位系における等価線量および実効線量の単位(1J/kgに等しい)。

**固形がん (Solid cancers):** 白血病などの血液がんとは対照的に、固形臓器に由来するがん。

**線源 (Source):** 電離放射線の発生または放射性物質の放出によって放射線被ばくを引き起こし、防護および安全目的のために単一の実体として扱うことができるもの。

**確率的影響 (Stochastic effect):** 単一細胞の形質転換による電離放射線の悪影響。被ばく後に長期間にわたり疾患のリスクが増大する可能性がある。これらの影響は確率的であり、がんおよび遺伝性影響を含む。低線量の放射線リスクは主として確率的影響、特にがんである。

**しきい値 (または「しきい値線量」) (Threshold, threshold dose):** 特定の影響を検出可能なレベルで生じさせる最低吸収線量。

**組織反応 (Tissue reactions):** (確定的影響を参照)。

# 添付文書 C. 補足資料

## 第1章

### 放射線の単位, 放射線被ばく線源

International Commission on Radiation Units & Measurements (ICRU)  
<http://www.icru.org/>

Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency  
<http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/basics/units.cfm>

Canadian Centre for Occupational Health and Safety  
[http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys\\_agents/ionizing.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ionizing.html)

Public Health England – dose comparisons  
<https://www.gov.uk/government/publications/ionising-radiation-dose-comparisons/ionising-radiation-dose-comparisons>

US Centers for Disease Control radiation dictionary  
<http://www.bt.cdc.gov/radiation/glossary.asp>

Health Physics Society  
<https://hps.org/publicinformation/ate/faqs/radiationdoses.html>  
<http://hps.org/publicinformation/ate/faqs/radiation.html>

US Department of Health & Human Services  
[http://www.remm.nlm.gov/remm\\_RadPhysics.htm](http://www.remm.nlm.gov/remm_RadPhysics.htm)

US Nuclear Regulatory Commission (NRC)  
<http://www.nrc.gov/about-nrc/radiation/health-effects/measuring-radiation.html>

United States Environmental Protection Agency (EPA)  
<http://www.epa.gov/radiation>

### 小児画像診断における放射線の便益とリスク

The Image Gently campaign  
<http://www.imagegently.org/>

RpOP website of the International Atomic Energy Agency (IAEA)  
<https://rpop.iaea.org/>

Information site jointly produced by the American College of Radiology (ACR) and the Radiological Society of North American (RSNA)  
<http://www.radiologyinfo.org/>

National Cancer Institute at the National Institutes of Health  
<http://www.cancer.gov/cancertopics/causes/radiation/radiation-risks-pediatric-CT>



Information site from The Royal Australian and New Zealand College of Radiologists (RANZCR)

<http://www.insideradiology.com.au/pages/faq.php>

Radiation Risk to Children from Computed Tomography

Brody AS, Frush DP, Huda W, Brent RL (2007). Radiation risk to children from computed tomography. 120(3):677-682.doi: 10.1542/peds.2007-1910

<http://pediatrics.aappublications.org/content/120/3/677.short>

Information about medical exposures from Public Health England (PHE)

<https://www.gov.uk/government/collections/medical-radiation-uses-dose-measurements-and-safety-advice>

## 第2章

### 正当化, 妥当性, 画像診断照会ガイドライン

Appropriateness Criteria® American College of Radiology (ACR)

<http://www.acr.org/Quality-Safety/Appropriateness-Criteria>

International Society of Radiology

“Referral Guidelines for Diagnostic Imaging” pilot version

[http://www.isradiologygorg/isr/quality\\_guidelines.php](http://www.isradiologygorg/isr/quality_guidelines.php)

United Kingdom Royal College of Radiology iRefer

<https://www.rcr.ac.uk/clinical-radiology/being-consultant/rcr-referral-guidelines/about-irefer>

Canadian Association of Radiologists (CAR) – Diagnostic Imaging Referral Guidelines [in English and French]

<http://www.car.ca/en/standards-guidelines/guidelines.aspx>

Société Française de Radioprotection. Guide de bon usage des examens d'imagerie médicale [in French]

<http://www.sfrnet.org/sfr/professionnels/5-referentiels-bonnes-pratiques/guides/guide-bon-usage-examens-imagerie-medicale/index.phtml>

Orientierungshilfe Radiologie Austrian Referral Guidelines [in German]

[https://www.researchgate.net/publication/258836950\\_Orientierungshilfe\\_Radiologie\\_Anleitung\\_zum\\_optimalen\\_Einsatz\\_der\\_klinischen\\_Radiologie\\_4\\_Auflage\\_Hrsg\\_FFruh-wald\\_DTscholakoff\\_FKainberger\\_KWicke\\_Verlagshaus\\_der\\_Arzte\\_GmbH\\_Wien\\_2011](https://www.researchgate.net/publication/258836950_Orientierungshilfe_Radiologie_Anleitung_zum_optimalen_Einsatz_der_klinischen_Radiologie_4_Auflage_Hrsg_FFruh-wald_DTscholakoff_FKainberger_KWicke_Verlagshaus_der_Arzte_GmbH_Wien_2011)

Diagnostic Imaging Pathways – Australia

<http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au/index.php/imaging-pathways>

Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR)

Guía para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imágenes [in Spanish]

[http://www.sar.org.ar/web/educ\\_guias.php](http://www.sar.org.ar/web/educ_guias.php)

### 最適化

The Image Gently campaign

<http://www.imagegently.org>

RpOP website of the International Atomic Energy Agency (IAEA)

<https://rpop.iaea.org>

Radiation Protection in Paediatric Radiology (IAEA Safety Report Series 71)  
[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF /Pub1543\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF /Pub1543_web.pdf)

Information about paediatric imaging U.S. Food & Drug Administration (FDA)  
<http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/ucm298899.htm>

Journal of the American College of Radiology (JACR) radiation dose optimization in computed tomography: an online resource center for radiologists  
<http://doseoptimization.jacr.org/Home/Pediatrics>

### 放射線に関する安全文化

Bonn Call for Action – 10 Actions to improve radiation protection in medicine (brochure)  
[http://www.who.int/ionizing\\_radiation/medical\\_exposure/bonncallforaction2014.pdf](http://www.who.int/ionizing_radiation/medical_exposure/bonncallforaction2014.pdf)

IRPA (International Radiation Protection Association)  
Guiding Principles for Establishing a Radiation Protection Culture  
<http://www.irpa.net/members/IRPA-Guiding%20Principles%20on%20RP%20Culture%20-2014%20.pdf>

IRPA-IOMP-WHO project on radiation protection culture  
<http://www.irpa.net/page.asp?id=179>

WHO Patients for Patient Safety -educational tools  
<http://www.who.int/patientsafety/education/en/>

## 第3章

### 医療従事者と患者のための追加情報

Image Gently website  
<http://www.imagegently.org/>

IAEA website on Radiological Protection of Patients  
Information for patients and health professionals:  
<https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/Patients/index.htm>  
<https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/index.htm>

Radiology Info for patients  
<http://www.radiologyinfo.org/>

RADAR Medical Procedure Radiation Dose Calculator and Consent Language Generator  
<http://www.doseinfo-radar.com/RADARDoseRiskCalc.html>

FDA: Pediatric X-ray Imaging  
<http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/ucm298899.htm>

International Commission on Radiological Protection (ICRP) – Radiation and your patient – A guide for medical practitioners  
[http://www.icrp.org/docs/Rad\\_for\\_GP\\_for\\_web.pdf](http://www.icrp.org/docs/Rad_for_GP_for_web.pdf)

Diagnostic Imaging website  
<http://www.diagnosticimaging.com/low-dose/communicating-radiation-risk-pediatric-patients>

小児画像診断における放射線被ばくリスクの伝え方:  
医療に関する便益とリスクの議論をサポートする情報

発行年月 2017年10月

編集発行 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

連絡先 263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

放射線医学総合研究所 放射線防護情報統合センター

TEL : 043-206-3099 Fax : 043-251-6089

メールアドレス ml-crrpi@qst.go.jp

ホームページ <http://www.qst.go.jp>

印刷 三陽メディア株式会社

©2017国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

Printed in Japan

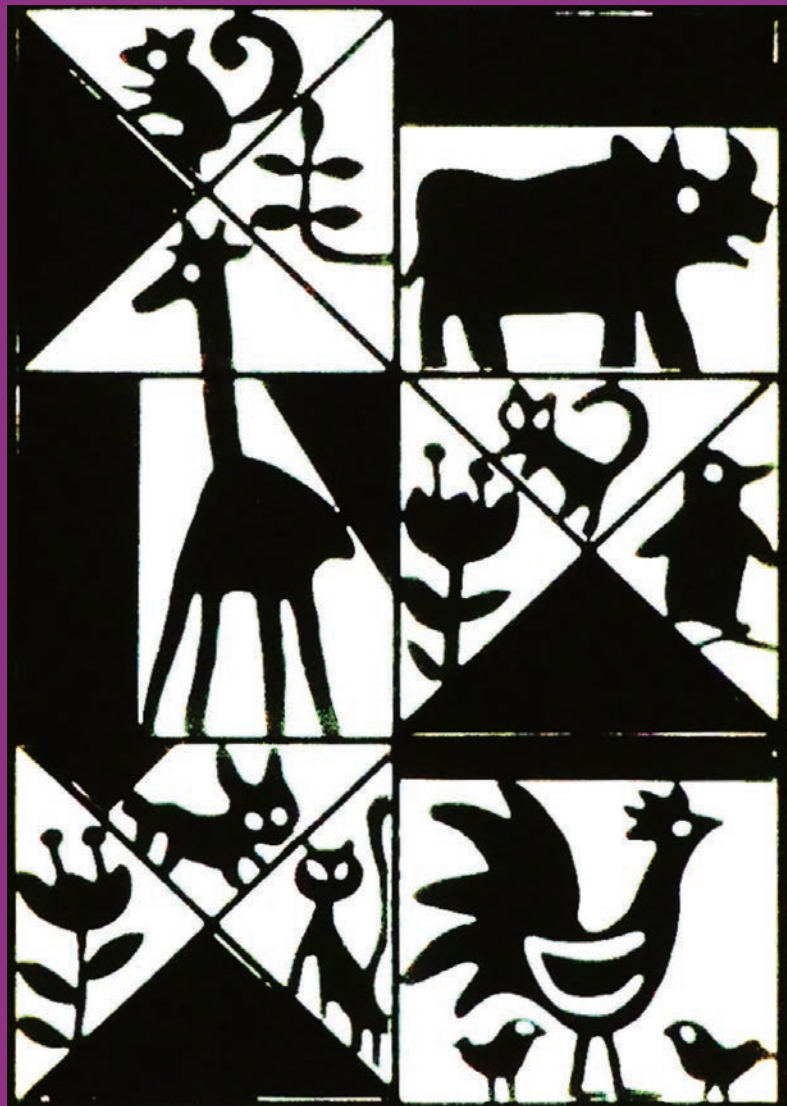
ISBN 978-4-907894-08-5

QST-M-5

## 小児画像診断における放射線被ばくリスクの伝え方

放射線を用いた画像診断により子供の命が救われ、侵襲的な手技を行わずに済むようになった。世界中で毎日 X 線検査が行われ何百万人もの患者の医療のために役立っている。しかしながら適切に使用しない場合には、特に小児において不要かつ本来なら回避可能な放射線リスクをもたらす可能性がある。得ることのできる多くの健康上の利点を認めながら、リスクを最小限に抑えるバランスのとれた取り組みが必要である。患者とその家族は、状況に応じていつ、どこで、またどのような画像診断が行われるかといった便益とリスクに関する対話の機会が与えられるべきである。この対話は画像診断に対する理解を助け、十分な説明を受けた上での選択(インフォームド・チョイス)を可能にする。

正確で効果的な放射線リスクコミュニケーションは、小児の画像診断を依頼または実施する医療従事者の間にもなくてはならないものである。効果的な放射線リスクコミュニケーションは、十分な情報を得た上での意思決定(インフォームド・ディシジョン)を可能にし、小児画像診断に関するリスクを可能な限り少なく、便益を可能な限り大きくすることに役立つ。この報告書は、医療従事者に小児画像診断に関連する既知または潜在的な放射線のリスクを伝え、小児医療における便益とリスクの対話をサポートすることを目的としている。



(国立成育医療研究センター 廊下のオブジェ：撮影 北村正幸)