

提言

CT 検査による医療被ばくの低減に関する提言



平成29年（2017年）8月3日

日本学術会議

臨床医学委員会

放射線・臨床検査分科会

この提言は、日本学術会議臨床医学委員会放射線・臨床検査分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議臨床医学委員会放射線・臨床検査分科会

委員長	遠藤 啓吾	(連携会員)	京都医療科学大学学長
副委員長	坂本 穆彦	(連携会員)	大森赤十字病院顧問
幹事	青木 茂樹	(連携会員)	順天堂大学医学部放射線医学講座教授、同大学院医学研究科放射線医学教授
幹事	井上 優介	(連携会員)	北里大学医学部放射線科学(画像診断学)教授
	山下 俊一	(第二部会員)	長崎大学理事・副学長
	米倉 義晴	(第二部会員)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構理事長顧問
	佐々木康人	(連携会員)	湘南鎌倉総合病院附属臨床研究センター放射線治療研究センター長
	定藤 規弘	(連携会員)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構生理学研究所大脳皮質機能研究系・心理生理学研究部門教授
	玉木 長良	(連携会員)	京都府立医科大学・放射線診断治療学 特任教授
	富樫かおり	(連携会員)	京都大学大学院医学研究科放射線医学講座(画像診断学・核医学)教授
	真鍋 俊明	(連携会員)	滋賀県立成人病センター総長
	山田 章吾	(連携会員)	東北大学名誉教授、一般財団法人杜の都産業保健会・理事長

本提言及び参考資料の作成にあたり、以下の方々に御協力いただきました。

赤羽 正章	国際医療福祉大学医学部放射線科教授
鈴木 滋	東京女子医科大学東医療センター放射線科教授
待鳥 詔洋	国立研究開発法人国立国際医療研究センター国府台病院放射線科診療科長

本件の作成に当たっては、以下の職員が事務を担当した。

事務	中澤 貴生	参事官(審議第一担当)(平成27年3月まで)
	井上 示恩	参事官(審議第一担当)(平成29年3月まで)
	西澤 立志	参事官(審議第一担当)(平成29年4月から)
	渡邊 浩充	参事官(審議第一担当)付参事官補佐(平成28年12月まで)
	齋藤 實寿	参事官(審議第一担当)付参事官補佐(平成29年1月から)
	角田美知子	参事官(審議第一担当)付審議専門職(平成27年12月まで)
	岩村 大	参事官(審議第一担当)付審議専門職(平成28年1月から)

要 旨

1 作成の背景

放射線を利用した診断・治療は国民の健康に多大な恩恵をもたらしているが、一方で患者の医療被ばくが増加しており、国民全体では特にエックス線 CT（以後、CT）による放射線被ばくが最も多い。放射線診療に関わる者には、放射線利用の有効性を損なうことなく必要以上の被ばくを避け、医療被ばくを低減することが求められるが、これは特に CT について重要である。

本提言では、CT による医療被ばくの現状を報告するとともに、医療被ばくの低減に向けて今後どう取り組むべきかについて提言を行う。

2 現状及び問題点

わが国の医療被ばく線量は米国とともに世界で最も高く、しかも増加を続けている。かつての放射線検査は単純エックス線撮影などに限定されていたが、CT が開発され、診療現場に広く普及している。わが国は特に CT が広く普及しており、人口当たりで CT 装置の台数、検査数ともに世界最高水準である。CT 検査数は増加傾向にあり、一度に身体の広範囲を撮影できるようになったため、検査数の増加以上に国民 1 人当たりの線量は増加している恐れがある。放射線検査による低線量の放射線被ばくで健康影響として懸念されるのは発がんリスク増加であり、医療被ばくの発がんへの影響に関する研究が行われている。

放射線防護体系は正当化、最適化、線量限度を三原則とするが、医療被ばくには線量限度は適用されず、正当化と最適化が特に重要になる。正当化は、放射線利用から得られる便益が被ばくのリスクを上回ることを保証するプロセスである。放射線検査では検査の適応を決定することに相当し、学会等から出されている検査適応基準の更なる充実や普及が望まれる。最適化は合理的に達成可能な限り放射線被ばく線量を低くすることを指す。CT では撮影範囲、撮影回数、撮影条件といった検査方法によって被ばく線量が大きく異なるため、適切な検査方法を選択する最適化の意義が大きい。十分な知識をもった放射線科医や診療放射線技師が協力して最適化を図る必要があるが、現状では自主的な取り組みに依存している。

医療被ばく対策を行う上で医療被ばくの現状把握が不可欠であるが、国民が CT で受ける被ばく線量は推定に留まっている。CT では検査ごとに放射線線量の指標が出力されるが、十分に活用されているとは言い難い。同じ検査でも医療機関の間で線量は異なっている。診断参考レベルは最適化のための目安となる線量で、様々な医療機関における線量から設定され、比較的線量の高い施設がそれを自覚し、線量の低減を検討するために用いられる。わが国でも CT の診断参考レベルが設定され、その活用が今後の課題である。

医療被ばくの低減に向けて CT 装置の技術開発が進められているが、新しい被ばく低減技術が搭載された CT 装置の導入について、医療機関にとって経済的なインセンティブは働いていない。新規技術の有効性の評価方法が確立していないことも問題である。

欧米では放射線科医や診療放射線技師のみならず、検査依頼医、患者やその家族に向け

て医療被ばくに関する情報提供がなされている。放射線防護は特に小児で重要であり、小児患者の家族に向けた情報提供が重視される。医療従事者のみならず国民一人一人が放射線の健康影響やリスクを理解して合理的な判断を行えるよう、放射線健康リスクに関わる教育体系を構築することが必要である。

3 提言の内容

(1) **CT 診療実態の把握と診断参考レベルの利用促進**：CT 検査による被ばく情報の記録体制を構築すべきであり、そのためには CT 撮影プロトコルの標準化を検討することが望まれる。政府は全国的な年間被ばく線量等を把握するとともに、医療被ばくを記録、保存、評価して医療機関内外で活用する体制をつくるため、全国規模での画像診断データベースの基盤整備、ビッグデータを利活用した線量管理システムの構築を支援すべきである。

診断参考レベルを充実させ、さらに適切な改訂を継続すべきである。各医療機関は、検査プロトコルごとの被ばく線量の調査及び検討に加えて、診断参考レベルを利用した撮影条件の点検とその定期的な見直しを含む施設内線量管理体制を構築すべきである。政府は規制や診療報酬等を通じてこのような体制構築を推進すべきである。

(2) **医療被ばく教育の充実**：医療従事者が放射線や医療被ばくについて十分な知識をもつことを保証する体制を構築すべきである。放射線科以外の診療科の医師の教育や、小児の被ばくに関わる教育に特に配慮する。医師、診療放射線技師、看護師の国家試験での医療被ばくに関わる出題の奨励は有益と考えられる。また、医療被ばくに関する医療機関内講習会を義務化することで、医療従事者の再教育と知識の更新を図ることが望まれる。

政府は CT 検査の被ばくについての情報を一般公衆にわかりやすく提供する体制を整備して啓発活動を推進し、特に小児患者の家族が医療被ばくに関して合理的な判断を行うことを支援すべきである。

(3) **CT 検査の検査適応基準の充実と活用**：CT 検査の適正な使用を促進するために検査適応基準の更なる充実と普及を図ることが望まれる。検査適応決定支援機能を電子カルテの検査依頼システムに搭載し、依頼医が検査依頼時に検査適応を適切に判断できるよう支援すべきであり、政府はそのような検査依頼システムの開発及び普及を支援すべきである。低線量被ばくの健康影響は検査適応を判断する前提となる。政府は、放射線診療における低線量被ばくの健康影響を解明する研究を支援すべきである。

(4) **低線量高画質 CT 装置の開発と普及**：国民の医療被ばく低減のため、低線量高画質 CT 装置の開発、普及に努めることが求められる。政府は、医療被ばく低減のための新技術の研究開発を支援し、規制や診療報酬等を通じて低線量高画質 CT 装置の普及を促進するように努めるべきである。

目 次

1	はじめに	1
2	医療被ばくの現状と問題点	2
(1)	放射線被ばくの現状	2
(2)	CT 検査による被ばくの動向	2
(3)	放射線被ばくによる健康影響、特に CT 検査による影響	5
3	医療被ばく低減への取り組み	7
(1)	正当化と最適化	7
(2)	医療被ばくに関わる情報管理体制	8
(3)	診断参考レベルの設定	8
(4)	CT 装置の被ばく低減技術の開発と普及	9
(5)	医療被ばくに関わる啓発活動	10
4	提言	12
(1)	CT 検査の診療実態の把握と診断参考レベルの利用促進	12
(2)	医療被ばく教育の充実	12
(3)	CT 検査の検査適応基準の充実と活用	12
(4)	低線量高画質 CT 装置の開発と普及	13
	<用語の説明>	14
	<参考文献>	16
	<参考資料>	
	臨床医学委員会放射線・臨床検査分科会審議経過	19

1 はじめに

胸部や骨のエックス線撮影、マンモグラフィ、消化管透視検査、エックス線CT（以後、CT）などの画像診断やがんの放射線治療など、放射線を利用した診療は画期的に発展・進歩し、現代医学にとって放射線利用は必要不可欠となった。放射線診断の技術を利用したインターベンショナルラジオロジー（Interventional Radiology：IVR、画像下治療）という手法も、患者の負担の少ない治療法として心筋梗塞・脳動脈瘤・肝臓癌等の治療に広く用いられている。

放射線医療の進歩・普及が多大な恩恵をもたらしている一方、医療被ばくが増加しており、放射線防護の枠組みの中で医療分野が重要視されるようになった。医療被ばくのほとんどは患者が受ける放射線被ばくであり、意図的に放射線を当てる、被ばくする患者自身が健康上の便益を受ける、線量が低すぎると適切な診断や治療の効果が得られずに損害だけが残る結果になる、大部分は局所被ばくである等、放射線防護の観点からは他のカテゴリー（職業被ばくと公衆被ばく）と異なる特徴があるため、特別なガイダンスが必要である[1]。

わが国における自然放射線による全身への被ばく線量が年間約2.1ミリシーベルトとされるのに対し、医療で用いられる放射線量は高く、放射線診断による国民一人当たりの被ばく線量は年間約3.9ミリシーベルトに達し[2]、医療被ばくが自然放射線による被ばくを上回っている。わが国では年間約3千万件のCT検査が行われていると推定されており、医療被ばくの中でも特にCTによる放射線被ばくが多い。欧米においてもCTによる放射線被ばくが増加しており、医療被ばくの最大の要因は、欧米でもわが国でもCT検査である。

最近では、CT検査を受けた小児では脳腫瘍、白血病の発生率が増加するとの報告もなされている[3]。国際原子力機関（IAEA）、国際放射線防護委員会（ICRP）、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）、世界保健機関（WHO）といった国際機関も医療被ばくの増加への懸念と、より適切な放射線の医学利用に向けた対策の必要性を指摘している。

放射線診療に関わる者には、放射線利用の有効性を損なうことなく、必要以上の被ばくを避け、医療被ばくを低減することが求められる。そのためには、わが国における医療被ばくの現状を把握するとともに、CTによる被ばくを中心とした医療被ばくの低減策、医療被ばく線量・CT線量の記録方法及び保管方法について早急に検討しなければならない。小児は放射線影響を受けやすく、期待される余命も長いことから、被ばく低減の取り組みは小児において特に重要である。

医療被ばく、特にCTによる被ばくに関して、現状を報告するとともに、医療被ばくの低減に向けて今後どう取り組むべきかを提言する。ただし、この提言により、国民の放射線に対する不安が増強され、患者が必要な放射線診断や放射線治療を拒否し、適切な診断及び治療が受けられない状況になることがあってはならない。また、本提言はわが国の医療被ばくの最大の要因であるCT検査を対象としたが、将来は単純エックス線撮影、消化管透視検査、核医学検査、IVRについても検討すべきである。

2 医療被ばくの現状と問題点

(1) 放射線被ばくの現状

1年間に受ける日本人の平均被ばく線量は約6ミリシーベルトと推定され、そのうち約2.1ミリシーベルトが自然放射線からの被ばく、約3.9ミリシーベルトが医療被ばくによる[2] (図1)。医療被ばくは個人差が大きい、一般的にほとんどが放射線診断による[4]。日本における医療被ばく線量は米国とともに世界的に最高であり、世界平均よりもはるかに高い。さらに、医療被ばくは国際的に年々増加しているとされ、世界平均は2000年に0.4ミリシーベルト、2008年に0.62ミリシーベルトとなっている[4]。わが国においては1992年から2011年の20年程の間で約1.7倍となったとされている[2]。

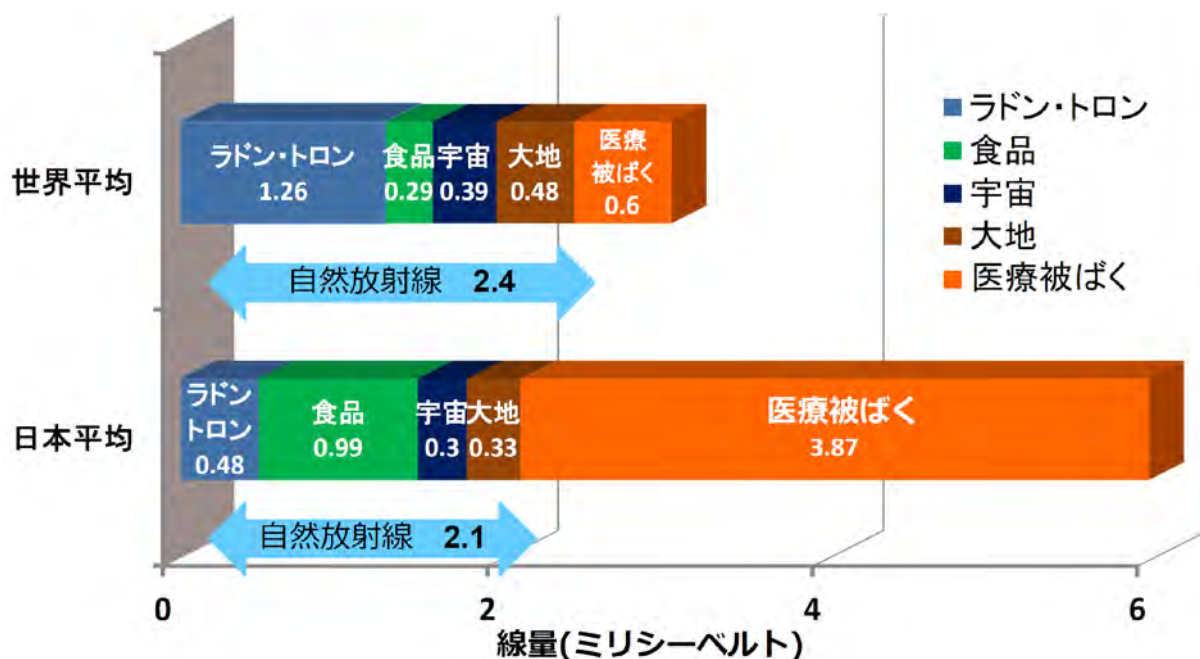


図1 年間当たりの国民が受ける放射線量の世界平均と日本平均

(出典) 2008年国連科学委員会報告及び生活環境放射線編集委員会「新版 生活環境放射線(国民線量の算定)」。原子力安全研究協会、2011年より改変

(2) CT検査による放射線被ばくの動向

1895年にレントゲンがエックス線を発見して以来120年余りが経過し、病気の診断から治療まで、現代医療において放射線利用は必要不可欠となった。エックス線が発見された当初は、放射線診断は骨や胸部の単純エックス線撮影などに限定されていたが、20世紀半ば以降のコンピュータ技術の進歩に伴いCT装置が開発され、診療現場ではCT検査が広く普及した。CT検査を行った際、患者の受ける放射線被ばく線量は、骨や胸部の単純エックス線検査に比べ各段に高い。

わが国で稼働しているCT装置数は1万台以上に上り、世界で最多である。2013年の経済協力開発機構(OECD)の統計によれば、わが国のCT台数は100万人当たり100台程で最上位であり、OECD加盟国平均の約4.2倍、米国の約2.3倍となっている[5] (図2)。世界

に誇れる国民皆保険制度のもと、国民はどの病院においても最先端の放射線診療を受けることが可能で、全ての国民が先端医療の恩恵に浴しており、世界一の長寿国という成果につながっている。一方でCT検査による被ばく対策の重要性がわが国で特に大きいことにもなる。

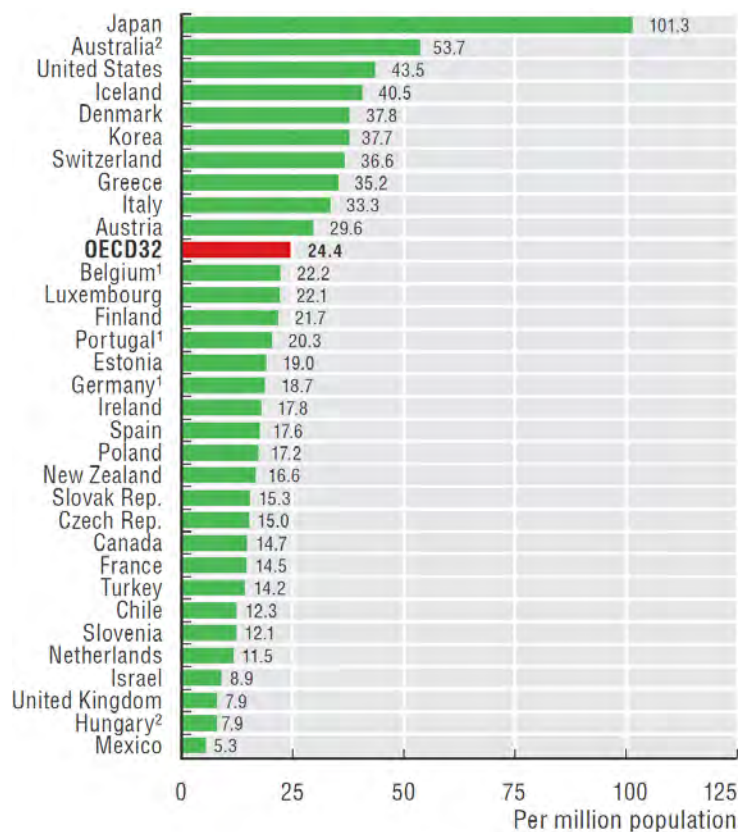


図2 OECD加盟各国の人口100万人当たりのCT装置台数（2013年）[5]

CT装置の性能は年々向上し、医療の高度化とともにCT検査の適応が拡大している。例えば、心筋梗塞の原因となる心臓の冠動脈狭窄の診断には従来はカテーテル検査が行われていたが、最近では冠動脈CTが普及し、診断目的のカテーテル検査に置き換わりつつある。現在、身体の多くの部位の診療においてCT検査は不可欠となり、CT検査は世界的にも増加の一途をたどっている。CTの医療への貢献が拡大するとともに、CTによる放射線被ばくの増大が問題になっている。CTによる医療被ばく線量は、検査部位や目的により異なるが1回の検査で平均数ミリシーベルトから十数ミリシーベルトとされ[6]、胸部単純エックス線撮影数十回から数百回分に相当する[7]。がんの放射線治療はCTよりも被ばく線量が高く、IVRもCTを上回る被ばくを生じることがあるが、これらはCTに比べて対象となる患者数が少なく、国民全体としての医療被ばくへの寄与は小さい。医療被ばくの最大の要因は、先進国では圧倒的にCT検査であり、医療被ばく低減のためにはCT検査による放射線被ばくの低減が不可欠となっている。米国放射線防護審議会（NCRP）が発表した2006年のデータによると、CT検査により米国民が1年間に受ける1人当たりの放射線量は約1.5ミリシーベルトであり、被ばく全体の約半分を医療被ばくが、そのうちの約半分をCTによる被ばくが占めている[8]（図3）。

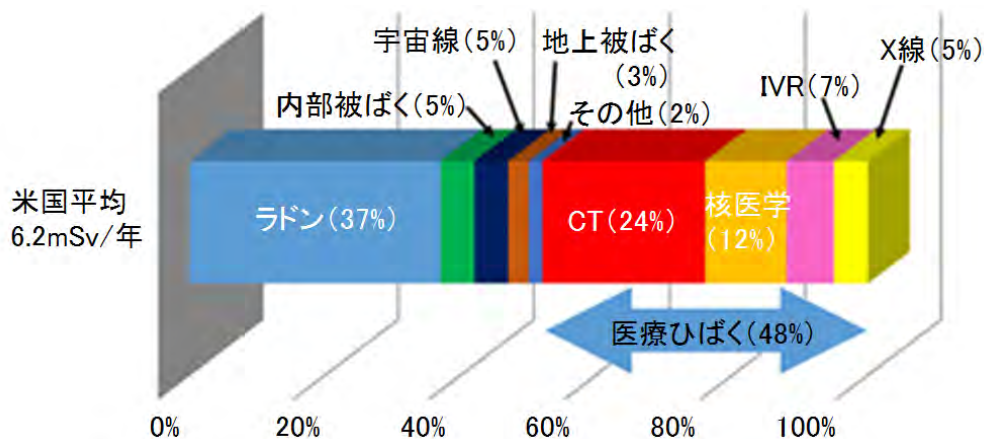


図3 年間当たりの米国民の被ばく線量の内訳 (2006年データ)

米国は心臓核医学検査の件数が多く、わが国では核医学検査の寄与がより小さいと考えられる。

(出典) NCRP Report No. 160, Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. 2009より改変

毎年6月分の診療報酬明細書(レセプト)を基に作成される社会医療診療行為別調査によると、わが国におけるCT検査数は増加傾向にあり、1998年から2014年の間に約2倍になっている[9](図4)。2016年に厚生労働省から、レセプト情報・特定健診等情報データベース(NDB)から抽出した第1回NDBオープンデータが公表され[10]、2015年4月から2016年3月までの医療の提供実態が明らかとなった。これによると、この1年間に実施されたCT検査は外来患者1,909万件、入院患者906万件であった。この統計に含まれていない人間ドックで行われるCT検査等を考慮すると、わが国においては年間約3千万件のCT検査が行われていると推定される。人口千人当たりのCT検査数は年間240件程度で、米国とともに世界最多レベルと考えられる[5]。ただし、CT装置数が多い割には検査数は少なく、CT装置1台当たりの検査数は少ないと解釈される。

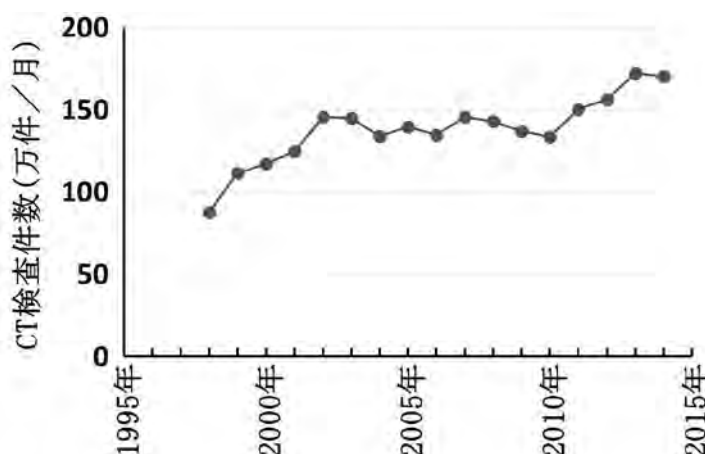


図4 社会医療診療行為別調査における初回CT総検査件数の推移

2003年以降は、診断群分類包括評価制度(DPC制度)が適用される病院の入院患者のCT検査が含まれておらず、2003年以降の件数増は実際にはより大きいと考えられる。

(出典) 厚生労働省. 社会医療診療行為別調査に基づき作成

CT装置の進歩は目覚ましく、マルチスライスCT装置の開発等で、短時間で高画質の画像が得られるようになった結果、広範囲を一度に撮影することが可能となった。検査の効率が向上した一方で、1回のCT検査当たりの被ばく線量の増加が見込まれる。1検査当たりの線量の増加により、CT検査総数の増加以上に、CT検査による国民1人当たりの線量は増加している恐れがある。

(3) 放射線検査による健康影響、特にCT検査による影響

放射線被ばくによる健康影響は確定的影響（組織反応）と確率的影響に大別される。確定的影響はある一定の線量（しきい線量）以上の被ばくではじめて生じるもので、脱毛や皮膚の紅斑などが含まれる。放射線が当たった細胞が多数死ぬことにより、組織が傷害されて発症する。一方、しきい線量がなく、高線量でも低線量でも生じる可能性がある放射線影響が確率的影響で、発がんや遺伝的影響がある。ヒトでは遺伝的影響の報告はこれまでない。CTなどの放射線診断の場合には、患者の受ける放射線量は通常100ミリシーベルト以下の低線量で、その健康影響で懸念されるのは主として発がんリスクの増加である。これは放射線の傷害作用を受けた細胞が完全に修復されず、遺伝子に傷を持ったまま生き続け、この変異にさらにいくつもの変異が重なった結果、ある確率で細胞ががん化する影響である。放射線に起因する発がんや他の原因による発がんは通常区別することができないため、被ばくによる発がんのリスクは被ばくした集団と被ばくしない集団での発がん率を比較して統計学的差として疫学的に検出される。100ミリシーベルト以下の低線量の場合、放射線の発がんリスクは実証されていない。発がん率の増加はあったとしても小さく、自然の発がんの地域差や人種差のなかに埋もれて疫学的に証明するのは困難と考えられる。

2004年、日本におけるがんの3.2%（年間7,587例）が診断用エックス線による可能性があるという、英国の研究者の論文がメディアでも報道されて注目された[11]。この論文では、放射線診断は大きな利益をもたらすこと、診断による被ばく量は通常低く個別の発がんのリスクは小さいことを記載した上で、放射線診断の被ばくによってがんが75歳までに誘発される確率を、英国と先進14か国について推定している。日本のエックス線検査数、CT台数が世界でも飛び抜けて多いことを指摘し、また、日本のみ年間のCT検査総数の統計が得られなかったとも述べている。わが国のCT検査数は2016年に第1回NDBオープンデータで初めて公表されたものの、諸外国に遅れを取ってきたことは否めない。

この論文は、公表されているエックス線診断検査の頻度、線量データ等より集団実効線量を求め、直線しきい値なしモデル（LNTモデル）が成立すると仮定して発がんのリスクを推定したものであり、実際にCTで発がんが増えているかを調べたわけではない。最近では若年者に対して行われたCT検査の発がんリスクを直接評価するための疫学調査が海外で行われており[3, 12-14]、CTを受けた小児において発がんが有意に増加していると報告された[3, 12, 14]。大規模コホート検討でこのような結果が出たことを真摯に受け止める必要がある。しかし、CT検査が行われた背景には何らかの異常があり、そ

の異常が発がんにも関連しているのもあって、CT検査が発がんを誘発したわけではない可能性も指摘されている[13, 14]。低線量放射線の発がんへの影響については科学的な結論が得られておらず、これが医療被ばく低減への取り組みを難しくする一因にもなっている。

通常はCTで懸念されるのは発がんリスク増加であるが、まれには過剰被ばくによる組織反応も問題となりうる。2009年から2010年に米国において、400人ほどの患者の頭部CT灌流画像検査で設定が不適切であったためエックス線照射線量が過剰となり、多数の患者に脱毛を生じる医療事故が発生した[15, 16]。一つの施設では200人以上の患者が通常の約8倍の線量を受けていた。米国カリフォルニア州では、この頭部脱毛事件がきっかけとなり、2012年7月に放射線管理に関する州法が発令された[17]。その中で病院及び診療所はCTでの被ばくにより脱毛あるいは紅斑が生じた場合に監督官庁に届けることに加えて、各CT検査の被ばく線量を記録すること、CT検査の診断報告書には放射線量を記載すること、標準的な撮影プロトコールについてCT装置に表示される線量の誤差が許容範囲内であることを医学物理士が毎年検証することなどが義務づけられている。その後、コネチカット州やテキサス州など他州においても同様の法律が施行されている[18, 19]。

3 医療被ばく低減への取り組み

(1) 正当化と最適化

放射線防護体系は正当化、最適化、線量限度の三原則からなる[20]。線量限度は、これを超えて被ばくしてはならない被ばく線量の上限であり、放射線作業に職業として従事する者や一般公衆に適用される。しかし、医療被ばくにおいては線量限度は適用されず、正当化と最適化が重要となる。

放射線防護体系における正当化は、一般的には放射線利用から得られる便益が被ばくのリスクを上回ることを保証するプロセスである。医療では放射線診断・放射線治療の適応決定に際して、診断・治療の利益が被ばくによる健康影響のリスクより大きいことを保証することに相当する。CT検査の適応を考える際には、超音波検査やMRI（磁気共鳴画像法）のような被ばくを伴わない検査による代替可能性も考慮することになる。日本医学放射線学会と日本放射線科専門医会・医会が取りまとめている画像診断ガイドラインにはCT検査の適応が記載されており[21]、改訂や普及に向けた継続的な取り組みが期待される。また、さらに多様な診療状況での適応決定を支援するような検査適応基準が整備され、実際にこれに基づいてCTの検査適応が決定されるようになることが望まれる。放射線被ばくを考える際には小児に特別な注意が必要であり、小児におけるCTの検査適応の適正化は特に重要である。

ICRP勧告は、診療の現場において検査依頼医と放射線科医が正当化の責任を共有することを求めている[7]。実際には、検査方法選択の際の検査依頼医と放射線科医の役割分担は医療機関によりさまざまである。わが国のCT診療では、放射線科医以外の医師が適応を判断して検査を依頼し、放射線科医と診療放射線技師が検査を実施することが多いが、放射線科医の正当化への十分な関与は人員不足もあって困難な状況である。検査依頼医が検査適応基準を参照する機能や検査依頼時にその検査の適切さをチェックする機能を、電子カルテの検査依頼システムに導入することが検討されるべきである。

放射線防護体系における最適化は、合理的に達成可能な限り放射線被ばく線量を低くすることを指し、正当化される行為であっても最適化をはからなければならない。CT検査においては、撮影範囲、撮影回数、撮影条件といった検査方法により被ばく線量が大きく異なるため、適切な検査方法を選択する最適化の意義が大きい。撮影条件を変えて放射線の照射線量を増やせばCT画像の画質は高くなる傾向があるが、放射線被ばくは増加することになる。照射する放射線の線量を減らせば被ばくは低減できるが、線量を減らすと得られる情報の量や質が低下する傾向がある。放射線診断の目的は、正しい診断、正しい治療方針の決定に必要な情報を得ることである。過度に線量を減らして診療に必要な情報が得られなくなるとは本末転倒になる。CTの検査方法を決定する際には、診療上の有効性と被ばくによる不利益のバランスを考慮することが不可欠で、必要な情報の取得という目的を満たす範囲内で線量を低減する。そのためには、十分な知識を持った放射線科医と診療放射線技師の協力が必要である[7]。したがって、放射線科医や診療放射線技師には、放射線被ばくの健康影響、CT技術、CTの画質と診断能の評価法などについて、深い理解、新しい技術や知見を取り入れる不断の努力が求められる。現状では、

最適化は各医療機関の自主的な取り組みに依存しており、施設間で温度差があることも否めない。

(2) 医療被ばくに関わる情報管理体制

医療被ばく対策を行う上で医療被ばくの現状把握は必要不可欠であるが、わが国ではCT検査数の統計も最近まで利用困難な状況で、国民がCTで受ける被ばく線量は推定に留まっている。医療放射線防護を進めるためには、CT検査及びそれによる医療被ばくの実態を調査する適切なシステムの構築が必要である。

個人の医療被ばく歴に関しては、ICRPがCT検査による累積線量の記録方法を開発するように勧告している[22]。IAEAからはSmartCard/SmartRadTrackというプロジェクトが進められている[23]。このプロジェクトは、医療被ばく歴を追跡調査する方法の開発、正当化と最適化を強化するための情報の提供、個々の患者の被ばく歴を追跡するための政策や仕組みを加盟国が確立することへの援助、被ばく歴追跡のためのハードウェア・ソフトウェアの開発についての企業関係団体との協力などを目的としている。

CTでは検査ごとに放射線量の指標が出力されるが、十分には活用されていないのが現状である。これらの線量指標の保存は義務づけられておらず、医師によるこれらの指標の認知度も低い。検査依頼医は自分が依頼した検査の線量指標を認識していないことが多いものと思われる。米国のある大学医療センターで行われた調査によれば、多くの医師がCT検査による被ばく線量を過小評価していたとされ、殆どの患者はCT検査の線量を医師から説明されてなかったとされている[24]。CTの検査ごとの放射線線量指標を保存し、病院内で共有することが検討されるべきである。

(3) 診断参考レベルの設定

同じ放射線検査でも装置や撮影条件の違いに応じて、用いる線量は医療機関の間で異なっている。診断参考レベル (Diagnostic Reference Level) は比較的高い線量を用いている施設がそれを自覚するための目安となる線量であり、線量の最適化のためにその利用がICRPから勧告されている[7, 22]。診断参考レベルを設定する際は様々な医療機関における線量を調査し、線量とそれを用いている施設数の関係を表す線量分布を決定する(図5)。通常、診断参考レベル以下の線量を用いている施設数が全施設数の75%になるように、線量分布の75パーセンタイル値を診断参考レベルとして設定する。診断参考レベルは線量の制限値ではなく、最適化のための助言的な指標であり、自施設の線量が診断参考レベルを超えている場合には、必要な診療の質を担保しつつ線量を減らせないか、撮影条件の見直しを検討することになる。

医療被ばく防護の規制に診断参考レベルを取り入れて線量低減に取り組んでいる国も少なくない。欧州委員会は1997年に診断参考レベルの確定とその使用を促進することを加盟国に要求している[25]。診断参考レベルは国ごと又は地域ごとに国の保健・放射線防護当局と共同して医学団体によって設定されるが、わが国でも医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME) の取り組みで、2015年6月にCTを含む放射線検査の診断参考レベ

ルが初めて設定され、マスコミでも大きく報じられた[26]。診断参考レベルが有効に活用されることが期待される。一方、CTの技術の進歩とともに診断参考レベルは改訂が必要で、継続的な取り組みが求められる。

撮影範囲、撮影条件、1回の検査での撮影回数や撮影タイミングなどの撮影方法に関する取り決めに撮影プロトコルと呼ぶ。CTでは検査対象部位や検査目的に応じて様々な撮影プロトコルを使い分けるが、医療機関によって撮影プロトコルが異なっており、施設間で線量を比較して診断参考レベルを設定する妨げになっている。各施設における撮影プロトコルの標準化が、診断参考レベルの有効な利用にも検査の質の向上にも資すると考えられる。

診断参考レベルの活用は各医療機関の自主的な判断に委ねられており、むしろ線量が高い施設では活用されないことが危惧される。また、診断参考レベルを活用する際には、必要な画質が確保されているかを必ず確認し、線量を臨床上の検査目的につり合ったレベルにすることが重要である[22]。各医療機関において検査プロトコルごとに被ばく線量を調査・解析し、診断参考レベルを参考に、画質や診断能を踏まえて撮影条件の点検とその定期的な見直しをする施設内線量管理体制を構築する必要がある。

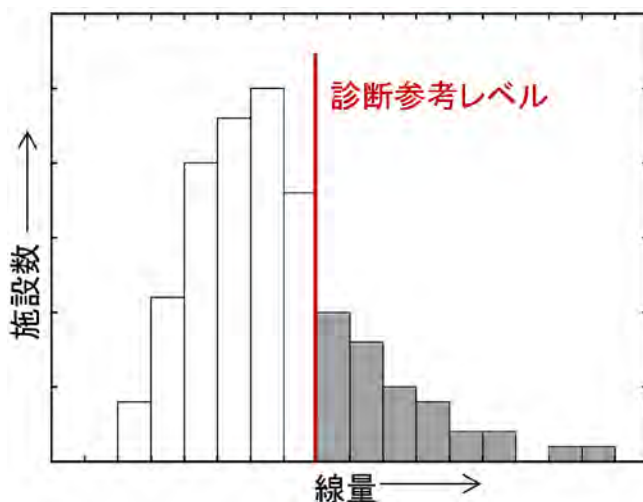


図5 診断参考レベルの設定方法

様々な医療機関における線量の分布図を示す。診断参考レベル（赤線の線量）以下の線量を用いている施設数（白色のバーで表す）が全施設数の75%になるように設定することが多い。

(4) CT装置の被ばく低減技術の開発と普及

被ばく低減の重要性はCT装置製造会社にもよく認識されており、様々な被ばく低減技術が開発されてきた[27]。CTでは人体に多方向からエックス線を照射し、透過したエックス線を検出してコンピュータで断層像を計算する。照射する放射線の線量を減らせば被ばくは減るが、検出されるエックス線の量の減少に伴って画質が低下する。体が大きいとエックス線が透過しにくくなるため、画質を維持するにはより多くのエックス線を照射する必要がある。体の大きさや部位に応じて自動的に照射線量を調節する自動露出制御という技術がCT装置に導入され、これによって数十パーセントの被ばく線量低減が

達成されている。また、断層像の計算を画像再構成と呼ぶが、検出されたエックス線の量が少なくても良好な画質になるような画像再構成技術により、同程度の線量低減が実現している。

照射線量調整や画像再構成の技術開発はさらに進められており、特に新しい画像再構成法による大幅な線量低減が期待されている。エックス線の線量に加えて線質を利用した技術も検討されており、情報量の増加とともに、被ばく低減にも期待されている。エックス線検出器の技術開発も被ばく低減に向けて進められている。医療用CT装置製造会社のうち2社（東芝メディカルシステムズ、日立製作所）は国内会社であり、産官学が協力して低線量高画質CT装置の開発を推進することが望まれる。

古いCT装置を保有している医療機関には新しい被ばく低減技術が搭載されたCT装置への更新が望まれるが、新技術を搭載した装置は価格が高く、医療機関にとって経済的には負担になる一方、導入に経済的なインセンティブは働いていない。わが国の国民皆保険制度では、規制や診療報酬等による政策誘導が低線量高画質CT装置の普及に有効と思われる。

被ばく低減に向けたCTの技術開発においては、線量とともに画質を評価する必要があるが、実際には画質評価は容易でない。物理的な指標による画質の客観的評価には限界があり、熟練した放射線科医の主観に頼っているのが現状で、検査の標準化を難しくする一因にもなっている。CT技術が新しくなると画質評価はより複雑化する。CT技術開発のためにも各医療機関での適正使用のためにも画質評価法の改善が必要であり、そのための産学共同での研究が望まれる。

なお、被ばくの管理に用いる線量指標の算出方法や保存様式がCT装置製造会社間で異なっており、統一的な線量管理に支障を来している。このような相違点の解消は積極的に促されるべきである。

(5) 医療被ばくに関する啓発活動

欧米では放射線科医や診療放射線技師といった放射線診療に直接従事する者のみならず、検査依頼医、患者やその家族に向けて医療被ばくに関する情報提供がなされている[28, 29]。小児は放射線の影響を成人の2-3倍受け易いとされ、被ばく後の余命も長い[30]。放射線防護は小児では特に重要であり、小児患者の家族に向けた情報提供が重視されている。わが国においても、医療被ばくに関する多面的な啓発活動がより積極的に行われるべきである。

医師・歯科医師や診療放射線技師は、患者に放射線を照射することが国家資格によって認められている。その前提になるのは、放射線の有効性と潜在的な不利益に関する十分な知識をもち、その知識を適切に活用して患者の総合的な利益のために放射線を利用することである。国家資格付与に先んじて医療被ばくについて必要な知識を有していることが保証されなければならない。また、新しい放射線診断技術の開発や被ばくの影響に関わる知見の蓄積で、求められる知識は変わってくる。継続的な自己啓発を医療従事者が行うことを保証する体制を構築すべきである。放射線科医や診療放射線技師に

医療被ばくに関わる知識が重要なことは言うまでもないが、これらの職種では被ばくの情報に触れる機会が多い。放射線検査の実施を指示する検査依頼医の啓発が、医療における放射線の適正利用の鍵になることが十分留意されるべきである。低線量被ばくの健康影響は十分解明されているとは言えず、様々な立場から様々な情報が発信されている。このような状況であっても、医療従事者は自らの医療行為において国際的な放射線防護体系を尊重すべきであり、これを支援する情報提供が求められる。

放射線を適正に利用するためには、医療従事者のみならず国民一人一人が放射線影響や放射線のリスクを理解し、合理的な判断を行えるよう、放射線健康リスクに関わる教育体系を構築することが必要である[31]。放射線被ばくを過剰に恐れて必要な放射線検査が拒否され、診断・治療に支障をきたす事態は避けなければならない。一方、放射線の潜在的な不利益を知ることは、利益と不利益を踏まえて医師と患者やその家族が診療方針を相談する基盤となる。特に小児の診療ではこのようなコミュニケーションが大切である[32]。患者と医師が共に歩み、放射線を適正に利用するため、放射線検査や医療被ばくについての情報を公衆にわかりやすく提供する体制を整備し、放射線被ばくを伴う医療行為の利益と不利益を正しく理解することを支援すべきである。

4 提言

医療における放射線利用の発達・普及に伴って国民の放射線被ばくが増加しており、特にCT検査が放射線被ばくの大きな要因になっている。CTによる被ばくの実態把握や放射線影響の科学的解明に基づき、すべての当事者に必要な情報を提供して、被ばくの潜在的な影響を十分考慮してCT検査を適切に利用する体制を構築すべきである。より低線量の被ばくで診療に貢献するように、CT装置に関わる技術の更なる開発の推進も忘れてはならない。放射線利用の有効性を損なうことなく不必要な被ばくを避け、国民の医療被ばくを低減するために、以下の4つの提言を行う。

(1) CT検査の診療実態の把握と診断参考レベルの利用促進

CT検査による医療被ばく情報を適切に記録する体制を構築すべきであり、そのためには撮影プロトコールの標準化を検討することが望まれる。政府は全国的な年間被ばく線量等を把握するとともに、医療被ばくを記録、保存、評価して医療機関内外で活用する体制づくりのための、全国規模での画像診断データベースの基盤整備、全国で実施されたCT検査の線量情報というビッグデータを利活用した線量管理システムの構築を支援すべきである。

診断参考レベルは放射線を用いた医療の最適化推進に寄与する。診断参考レベルを充実させ、さらに適切な改訂を継続すべきである。各医療機関は、検査プロトコールごとの被ばく線量の調査及び検討に加えて、診断参考レベルを利用した撮影条件の点検とその定期的な見直しを含む施設内線量管理体制を構築すべきである。政府は規制や診療報酬等を通じてこのような体制構築を推進すべきである。

(2) 医療被ばく教育の充実

医療従事者が放射線や医療被ばくについて十分な知識を持つことを保証する体制を構築すべきである。CT検査の正当化と最適化を適切に行えるように、放射線科のみならずその他の診療科の医師及び診療放射線技師が十分な知識を持ち、さらに新しい知見や技術を取り入れられるような教育体制が求められる。余命が長く被ばくに対する感受性の高い小児及び若年者におけるCT被ばくの問題について、特に十分な教育ができるように配慮する。医師、診療放射線技師、看護師の国家試験での医療被ばくに関わる出題を奨励することは有益と考えられる。また、医療被ばくに関する医療機関内講習会を義務化することで、医療従事者の再教育と知識の更新を図ることが望まれ、ここでは特に放射線検査を依頼する医師の教育を重視すべきである。

政府はCTによる被ばくについての情報を一般公衆にわかりやすく提供する体制を整備して啓発活動を推進し、特に小児患者の家族が医療被ばくに関して合理的な判断を行うことを支援すべきである。

(3) CT検査の検査適応基準の充実と活用

CT検査の適正な使用を促進するために検査適応基準の更なる充実と普及を図ることが

望まれる。検査適応基準を参照する機能や検査依頼時に検査適応を確認する機能などの検査適応決定支援機能を電子カルテの検査依頼システムに搭載し、依頼医が検査依頼時に検査適応を適切に判断できるよう支援すべきであり、政府はそのような検査依頼システムの開発及び普及を支援すべきである。低線量被ばく健康影響は検査適応を判断する前提となる。政府は、放射線診療における低線量被ばく健康影響を解明する研究を支援すべきである。

(4) 低線量高画質 CT 装置の開発と普及

国民の医療被ばく低減のため、低線量高画質CT装置の開発、普及に努めることが求められる。政府は、医療被ばく低減のために、新しい医療技術の研究開発を支援し、規制や診療報酬等を通じて低線量高画質CT装置の普及を促進するように努めるべきである。

<用語の説明>

エックス線 CT

コンピュータ断層撮影法 Computed Tomography の略称。人体に多方向からエックス線を照射し、透過したエックス線を検出してコンピュータで断層像を計算する。体を傷つけることなく体内の詳細な情報が得られるため、病気の診断が飛躍的に進歩した。CT 装置の開発者は、1979 年ノーベル医学生理学賞を受賞した。

シーベルト

放射線の生物学的影響を考慮した被ばく線量の単位で、放射線防護の目的で用いられる。ミリシーベルトがよく用いられ、1 シーベルトは 1000 ミリシーベルトに等しい。公衆の被ばく線量限度は、自然放射線を除き、年間 1 ミリシーベルト以下と定められている。

社会医療診療行為別調査

全国の保険医療機関及び保険薬局から社会保険診療報酬支払基金支部及び国民健康保険団体連合会に提出され、6 月審査分として審査決定された医療保険制度の診療報酬明細書及び調剤報酬明細書のうち、行政記録情報であるレセプト情報・特定健診等情報データベースに蓄積されているもの全てを集計対象とした調査。なお平成 27 年からは「社会医療診療行為別統計」となった。

マルチスライス CT 装置

複数の放射線検出器列をもつ CT 装置。当初の CT では検出器は 1 列だったが、広い範囲の高画質の画像を短時間で撮影するために、2000 年頃から 4 列、8 列、16 列、32 列、64 列と検出器を多列化するようになった。最高 320 列の検出器を備えた国産 CT 装置も販売されている。

LNT モデル

放射線防護体系で採用されている確率的影響についての仮説で、低線量であっても線量に比例して影響の出現確率が直線的に増加するとみなす。現在、被ばくと発がんの関係は、主に原爆被爆者の追跡調査に基づいて検討されており、100 ミリシーベルトを下回る被ばくでは発がんの増加は疫学的には示されていない。100 ミリシーベルト以下のリスクを統計学的に検出するには数百万人以上の対象者を必要とし、実質的に不可能であり、細胞や動物を用いた解明に期待が寄せられている。国際的な放射線防護体系では、安全を見込み、低線量でも発がんリスクが高線量と同じように直線的に増加すると想定している。

集団実効線量

集団において全員の個人被ばく線量を合計した値。放射線の利用技術と防護手順を比較し、最適化するために用いる。疫学的研究手段として用いられることは意図されておらず、

リスク予測にこの線量を用いることは不適切である。さらに、集団実効線量に基づき大集団に対する微量の被ばくがもたらすがん死亡数を計算することは合理的でなく、避けるべきであるとされている[20]。

頭部 CT 灌流画像検査

脳の血流を調べる CT 検査。造影剤を投与して繰り返し同じ部位の CT 撮影を行うため、撮影部位の皮膚の被ばく線量が高くなりやすい。

<参考文献>

- [1] ICRP, 2007. Radiological Protection in Medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).
- [2] 生活環境放射線編集委員会. 新版 生活環境放射線 (国民線量の算定). 原子力安全研究協会. 2011年.
- [3] Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. Lancet. 2012;380:499-505.
- [4] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. Vol.1 annex A. 2008.
- [5] OECD (2015), Health at a Glance 2015: OECD Indicators, OECD publishing, Paris.
- [6] Brix G, Nagel HD, Stamm G, et al. Radiation exposure in multi-slice versus single-slice spiral CT: results of a nationwide survey. Eur Radiol. 2003;13:1979-1991.
- [7] ICRP, 2000. Managing Patient Dose in Computed Tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30 (4).
- [8] NCRP Report No. 160, Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. 2009.
- [9] 厚生労働省. 社会医療診療行為別調査
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/26-19.html> [accessed on 1 April 2017]
- [10] <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000139390.html> [accessed on 12 December 2016].
- [11] Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. Lancet 2004;363:345-351.
- [12] Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, et al. Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. BMJ 2013;346:f2360.
- [13] Journy N, Rehel JL, Ducou Le Pointe H, et al. Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. Br J Cancer. 2015;112:185-193.
- [14] Krille L, Dreger S, Schindel R, et al. Risk of cancer incidence before the age of 15 years after exposure to ionising radiation from computed tomography: results from a German cohort study. Radiat Environ Biophys. 2015;54:1-12.
- [15] FDA. Safety Investigation of CT Brain Perfusion Scans: Update 11/9/2010.
<https://wayback.archive-it.org/7993/20161022063859/http://www.fda.gov/MedicalDevices/Safety/AlertsandNotices/ucm185898.htm> [accessed on 27 May 2017]
- [16] Wintermark M, Levb MH. FDA Investigates the Safety of Brain Perfusion CT. AJNR. 2010;31:2-3.

- [17] California Department of Public Health. Information Notice Regarding California Health and Safety Code, Section 115111, 115112, and 115113.
<https://archive.cdph.ca.gov/certlic/radquip/Documents/AB510-FAQ.pdf>
[accessed on 27 May 2017].
- [18] Connecticut General Assembly (US). An act concerning radiation safety in health care.
<http://www.cga.ct.gov/2013/TOB/H/2013HB-06423-R00-HB.htm> [accessed on 19 June 2016].
- [19] 25 Texas administrative code § 289.227. Use of radiation machines in the healing arts.
<http://www.dshs.texas.gov/radiation/x-ray/laws-rules.aspx> [accessed on 27 May 2017].
- [20] ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
- [21] 日本医学放射線学会編. 画像診断ガイドライン(2016年版). 東京, 金原出版株式会社. 2016年.
- [22] ICRP, 2007. Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT). ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37 (1).
- [23] IAEA Smart Card/SmartRadTrack Project.
<https://rpop.iaea.org/RPOP/RPop/Content/News/smart-card-project.htm>
[accessed on 19 June 2016].
- [24] Lee CI, Haims AH, Monico EP, et al. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. Radiology 2004;231:393-398.
- [25] Council Directive 97/43/Euratom of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/Euratom.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31997L0043>
[accessed on 19 June 2016].
- [26] 医療被ばく研究情報ネットワーク 最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定 <http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf> [accessed on 19 June 2016].
- [27] Goo HW. CT radiation dose optimization and estimation: an update for radiologists. Korean J Radiol. 2012;13:1-11.
- [28] The Image Gently. The Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging.
<http://imagegently.org/> [accessed on 19 June 2016].
- [29] Image Wisely: Radiation Safety in Adult Medical Imaging.
<http://www.imagewisely.org/> [accessed on 19 June 2016].

- [30] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2006, Volume I; Scientific Annexes A.
- [31] 日本学術会議臨床医学委員会、放射線防護・リスクマネジメント分科会、提言『医学教育における必修化をはじめとする放射線の健康リスク科学教育の充実』、2014年9月4日。
- [32] World Health Organization. Communicating radiation risks in paediatric imaging. Information to support healthcare discussions about benefit and risk. 2016.

＜参考資料＞審議経過

平成 27 年

- 1 月 23 日 放射線・臨床検査分科会（第 1 回）
役員の選出、今後の活動方針について

- 6 月 5 日 放射線・臨床検査分科会（第 2 回）
提言案「CT 検査による医療被ばく低減に関する提言」素案の検討

- 10 月 14 日 放射線・臨床検査分科会（第 3 回）
提言案「CT 検査による医療被ばく低減に関する提言」の検討

平成 28 年

- 5 月 25 日 放射線・臨床検査分科会（第 4 回）
提言案「CT 検査による医療被ばく低減に関する提言」の検討

- 9 月 21 日 放射線・臨床検査分科会（第 5 回）
提言案「CT 検査による医療被ばく低減に関する提言」の検討

平成 29 年

- 1 月 13 日 放射線・臨床検査分科会（第 6 回）
提言案「CT 検査による医療被ばく低減に関する提言」のとりまとめ

- 7 月 14 日 日本学術会議幹事会（第 248 回）
提言案「CT 検査による医療被ばく低減に関する提言」について承認