

<特集「放射線と健康」>

福島第一原発事故を受けて、
医療被曝を正しくとらえる

奥 山 智 緒*

京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学

Medical Exposure and the Effects of Radiation

Chio Okuyama

Department of Radiology,

Kyoto Prefectural University of Medicine Graduate School of Medical Science

抄 録

放射線は、遺伝子に障害を与えることにより身体への影響を及ぼす。その影響は、閾値を持つ確定的影響と、被曝量に応じて増加する確率的影響（がん化や遺伝的影響）に大別される。地球上で人類は、日々さまざまな自然放射線に曝されており、自然放射線被曝を避けることはできないが、人工放射線による被曝は防御することが可能である。人工放射線被曝には、医療による被曝と原発などによる被曝がある。福島第一原発事故発生後、放射線診療の現場において、被曝についての問い合わせが急増している。放射線被曝への関心が高まる中、医療被曝への不安も増加している。医療以外の人工放射線被曝による健康への影響が生じることを防ぐため、線量限度が設定されている。全ての人に対する影響を考慮した公衆の線量限度は安全域を計算して自然放射線被曝線量よりも低い値に設定されているのに対し、医療被曝は、被曝を受ける人にとってベネフィットがあると考えられるため、線量限度は定められていない。被曝に関しての正しい知識により、最良の医療を行うための最低限の被曝に抑える努力をすることは医療従事者に課せられた責任である。

キーワード：医療被曝、公衆被曝、確率的影響、確定的影響。

Abstract

Radiation gives cracks to genes. The influence is divided into deterministic effect with a threshold value, and the stochastic effect (tumor and genetic effect) which increases according to the exposure amount.

Although we are put to various non-artificial radiations, which we cannot be avoided, on the earth, the contamination by artificial radiation can be defended. Artificial radioactive exposure includes medical exposure and non-medical exposure for example by nuclear power plant. As to medical examinations using radiation, the inquiry about the radiation exposure is increasing after the occurrence of the first

平成23年9月28日受付

*連絡先 奥山智緒 〒602-8566 京都市上京区河原町通広小路上路梶井町465番地

chio@koto.kpu-m.ac.jp

開示すべき潜在的利益相反状態はない。

nuclear power plant disaster of Fukushima.

While concern about non-medical radioactive exposure increases, the uneasiness to medical irradiation is also increasing. The dose limit by artificial radioactive exposure other than medical exposure is set up in order to prevent the influence on the health. While the dose limit of the public exposure is set to the lower value than the total dose of non-artificial exposure concerning of a safety margin for all people, the dose limit of medical exposure is not defined, since it is thought that medical irradiation has a benefit for those who receive irradiation.

Making an effort to decrease the radiation dose in performing the best medical treatment is the responsibility with which we are burdened.

Key Words: Medical exposure, Public exposure, Deterministic effect, Stochastic effect.

はじめに

2011年3月11日、京都でも小さな揺れをめまいのように感じた知人が複数いる。東日本大震災により人命を落とされた多くの方々のご冥福をお祈りするとともに、家族や通常の生活を奪われ今なお不自由な暮らしを余儀なくされておられる方々へのお見舞いと、復旧作業にかかわっておられる多くの方々に心からの敬意の心を表したい。

今回の震災に際し、巨大なエネルギーにより想定外の津波が大きな被害を引き起こしたことに加えて安全神話を完全に打ち砕く福島第一原発事故が生じたことが、世界中の注目を浴びる事態となり、復旧を遅らせる大きな原因となっている。

原爆被爆国である日本では、放射線に対する恐怖感が強く、インターネットの普及した情報化社会において様々の情報が氾濫する中で、日々被曝についてのさまざまな記事に国民の関心が集まっている。以前は医学部学生に講義してもすぐに記憶の彼方に追いやられていたSv（シーベルト）やBq（ベクレル）は、小学生でも耳慣れた単位になってしまった。

今回の事故を受けて、国民の放射線被曝への関心が高まるにつれて、放射線診療の現場においても、患者自身や家族が受けた検査による被曝線量を心配する声が増加している。中には、治療方針決定に必要なと主治医が判断した検査依頼であるにもかかわらず、直前になって検査受診をキャンセルする患者も出てきており、医療

を行う立場の人間として、胸の痛む思いのすることもある。

本稿では、放射線による体への影響と、線量限度、医療被曝について日々話題となっている被曝の単位を取り上げながら解説する。

放射線の単位（図1）¹⁾

はじめに、放射線の話をする際に登場する3つの単位を押さえておきたい。Gy（グレイ）は吸収線量と呼ばれ、吸収されたエネルギー（J）をその生体部分の重量で除した物理的なエネルギー量を示したものである。Sv（シーベルト）は吸収された放射線が体に与える影響を示したものであり、放射線の種類により影響の程度が異なるため、Gyに放射線加重係数を乗じて組織の等価線量を求める。通常医療で用いられるX線、 γ 線、 β 線の放射線加重係数はいずれも1であるため、医療被曝においてはおおむね1Gy=1Svと考えてよい。等価線量は、各臓器の影響を示す線量であり、それに全身における組織ごとの影響の割合（組織加重係数）をかけて全臓器を足した値が実効線量と呼ばれる。どちらも同じSvで表現されるため、臓器毎の線量（等価線量）か全身の線量（実効線量）のいずれの話をしているのかを区別して認識する必要がある。Bq（ベクレル）は放射能の単位で、1秒間に崩壊する放射性同位元素の数を示す。放射性同位元素の場合には、元素の種類により、影響を受ける臓器が異なり、同位元素毎に実効線量や等価線量への換算係数が定められている。

- Bq (ベクレル)** 放射能の単位: 1秒間に崩壊する原子の数
- Gy (グレイ)** 吸収線量: 放射線が物質に与えるエネルギーの大きさを表す単位
大量の放射線被曝時の、数時間～数週間以内に生じる急性症状【確定的影響】の推定に用いる
- Sv (シーベルト)** 線量当量: 体への影響【確率的影響】を表す単位 (吸収線量に放射線加重係数をかけて算出)
等価線量: 組織や臓器のがんの推定に用いる
実効線量: 体全体のがんの推定に用いる

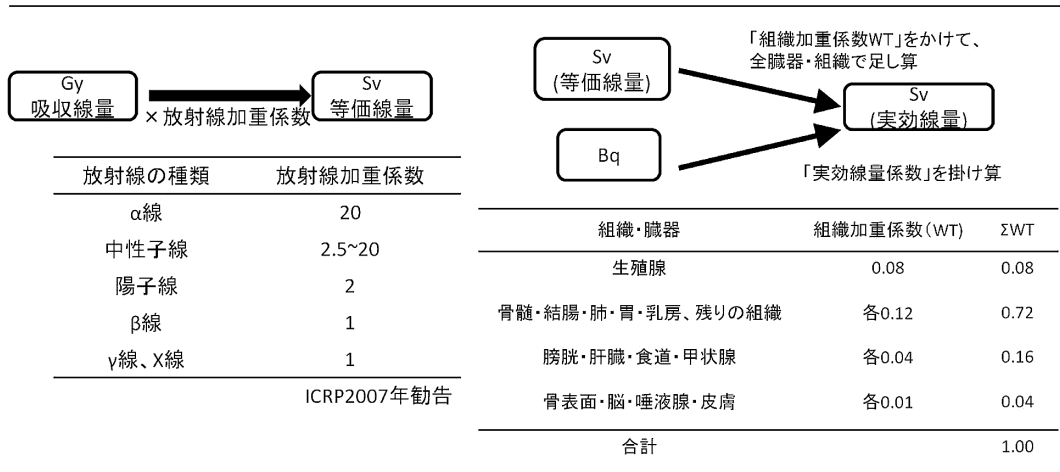


図1 放射能・被曝に関する単位

放射線による体への影響、 確率的影響と確定的影響 (図2, 表1)

放射線による身体への影響はDNAの損傷が基本となる。DNAの軽度損傷は、完全修復される、あるいは数mSvまでであればアポトーシスを生じて影響が回避される。日々の各種報道では、修復については無視されており、少しでも被曝すると体への悪影響が必ずあるかのように思われがちであるが、この点は非常に重要なポイントである。しかし、それ以上に損傷を受けると、影響を考慮する必要が生じる。DNA損傷が不完全修復されて突然変異を生じると、がん化や、子孫への遺伝的影響を生じうる。これらは、ほぼ被曝量に応じて増加すると考えられ、確率的影響と呼ばれる。一方、DNA損傷が修復されずに大量の細胞死を生じると組織損傷が生じる。組織損傷が生じるには、ある程度の閾値を持っており(表1)、それ以下の値では障害を

生じないこの影響を確定的影響と呼ぶ。放射線治療は、病巣の組織の確定的影響により治療効果を得るものであり、周辺臓器の閾値を超えることなくいかに病巣に十分な照射を起こすかがキーになる。

被曝の分類

放射線被曝はその発生源という観点から、(1)自然放射線源による放射線被曝と(2)人工放射線源による放射線被曝、に大別される。自然放射線被曝については後述することとし、ここで、人工放射線被曝については、3つに大別された分類(医療被曝、職業被曝、公衆被曝)を正しく認識することが重要である。

医療被曝は、国際放射線防護委員会(ICRP)が1990年に勧告した定義によると²⁾『医療を受ける人自身が、診断または治療のために受ける被曝と、診断または治療中の患者の付添と介護をする個人が、承知の上で自発的に受ける被曝

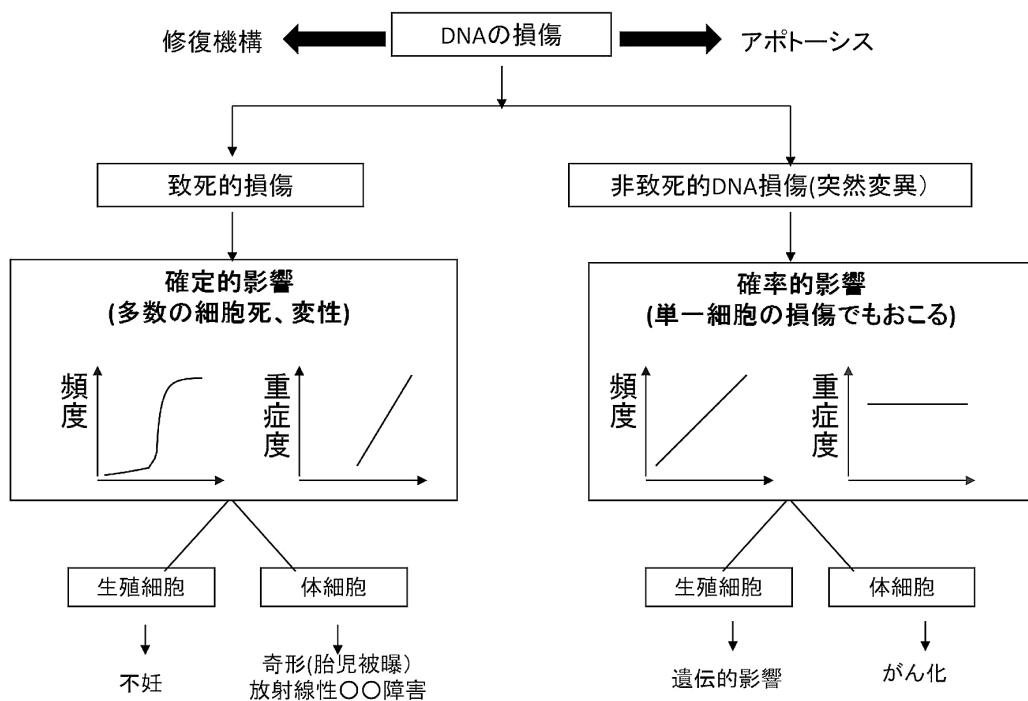


図2 確率的影響と確定的影響

表1 確定的影響の閾値

組織・臓器	影響	閾線量(mGy)
生殖腺(男)	一時不妊	150
	永久不妊	3,500~6,000
生殖腺(女)	一時不妊	650~1,500
	永久不妊	2,500~6,000
水晶体	白内障	2,000~10,000
	水晶体混濁	500~2,000
骨髓	造血能低下	500
皮膚	脱毛	2,000~4,000
	紅斑	3,000~6,000
	潰瘍	10,000以上
胎児	流産(受精~15日)	100
	形態異常(受精後2~8週)	100
	精神発達遅滞(8~15週)	120

全身被曝の症状と閾値

線量	臨床状態
0-1Gy	一般的に無症状 数週間でわずかに白血球減少
1-8Gy	造血器症候群 悪心・嘔吐、皮膚症状、 汎血球減少 (4Gyで半数が死亡)
8-20Gy	消化管症候群 ショック、心不全、腎不全 (死亡は不可避)
>20Gy	心血管・中枢神経症候群 数時間以内に錯乱症状 1-2日以内に死亡

に限られ、生物医学研究プログラムの一部として志願者（ボランティア）が受ける被曝もこれに含まれる』とされる。これらの医療被曝を受けた本人あるいはその家族の疾病の発見、あるいは体の状態を把握することによる利益があるために、唯一積極的に体に照射される被曝である。

職業被曝は、放射性物質や放射線を取り扱っている職場で働いている人が、その労働の中で受ける被曝であり、医療行為により放射線を用いる放射線技師や、医師、看護師の被曝、原子力発電所の労働者の被曝等を含む。通常、職業被曝を受ける者は、事前に放射線の取り扱いに関する講習を受けて作業に従事し、ガラスバッジ等を装着することにより自らの被曝線量を把握するとともに、その職場の放射線取扱の管理者が職員の被曝管理を行っている。

公衆被曝とは、医療被曝と職業被曝以外の人工放射線による被曝のことをさす。自然放射線と人工放射線は発生源から区別されたものであり、体に与える影響も全く同じものであるが、自然放射線源による放射線被曝は避けられない被曝であるため規制の対象にはならない。一方、人工放射線被曝については可能な限り低減するように努めるという大原則に基づき、被曝による利益もなければ被曝量を通常管理されない一般公衆（胎児も含めお年寄りまで）が受ける人工放射線被曝のことを公衆被曝とし、医療被曝以外の人工線源からの被曝については、法的規制が存在する。

平常時においては、一般公衆の実効線量は1 mSv/年、職業人の場合は100 mSv/5年（特定の1年を見た場合には50 mSv/年）を超えてはならないと定められ、組織線量限度としては水晶体で150 mSv/年、水晶体を除くほかのすべての組織は500 mSvと定められている。ICRPではさらに、原発事故などが生じた際の復旧期には事故による公衆の被曝実効線量を1~20 mSv/年に抑えることと定めている³⁾。

自然放射線被曝（図3）⁴⁾

自然環境において、放射線はいたるところに存在し、空気中のラドン子孫核種の吸入、岩石

等に含まれる放射性同位元素による大地放射線、宇宙線からの外部被曝や、食物中にふくまれるカリウム-40などの摂取により日常的に放射線被曝を受けている。世界の平均自然放射線被曝量は2.4 mSv/年、日本における平均被曝線量は1.5 mSv/年である。しかし、インドやブラジルなど大地放射線の多い地域では年間20~40 mSvもの自然被曝量があり、また、宇宙線は高度が上昇すれば増加するため、シカゴ~成田の航空機飛行1往復で約90 μ Svの被曝を受ける。放射線は健康にとって害があると一般に信じられている一方で、放射能を有するラジウム（ラドン）温泉は健康に良いと珍重され、その効能も実証され好んで入る人も多い。すなわち、一般公衆の人工放射線被曝の線量限度の1 mSvを超える自然放射線に我々は様々な場所で曝されている。（ちなみに、宇宙飛行士は多量の宇宙線により1日約1 mSvの被曝をするが、自然放射線である宇宙線に起因する航空乗務員や宇宙飛行士の放射線被曝については、我が国の現行法令では規制が無い。）

原発事故以来、“一人の人が一年に浴びても構わない線量は1 mSv”とするフレーズが飛び交い混乱を生じている。一般公衆の実効線量限度が1 mSv/年と定められていることがその根拠である。放射線従事者の実効線量は50 mSv/年（100 mSv/5年）である。この50倍の違いは、一般公衆には胎児や乳幼児が含まれ、線量計による被曝管理も行われていない環境における無自覚な被曝を抑制することの必要性から定められているものであり、放射線従事者が一般公衆よりも被曝に強いわけではないことはいうまでもなく、放射線従事者の癌発生率が高いとするデータもない。すなわち、放射線被曝は可能な限り低減するのが望ましいとする観点から、かなりの安全域を見越して設定された値である。この線量拘束値は、平常時のものであり、現在はICRP勧告に従い原発事故などの復旧期の20 mSv/年の線量限度内で、避難区域の設定や、食料の暫定規制値が定められている。

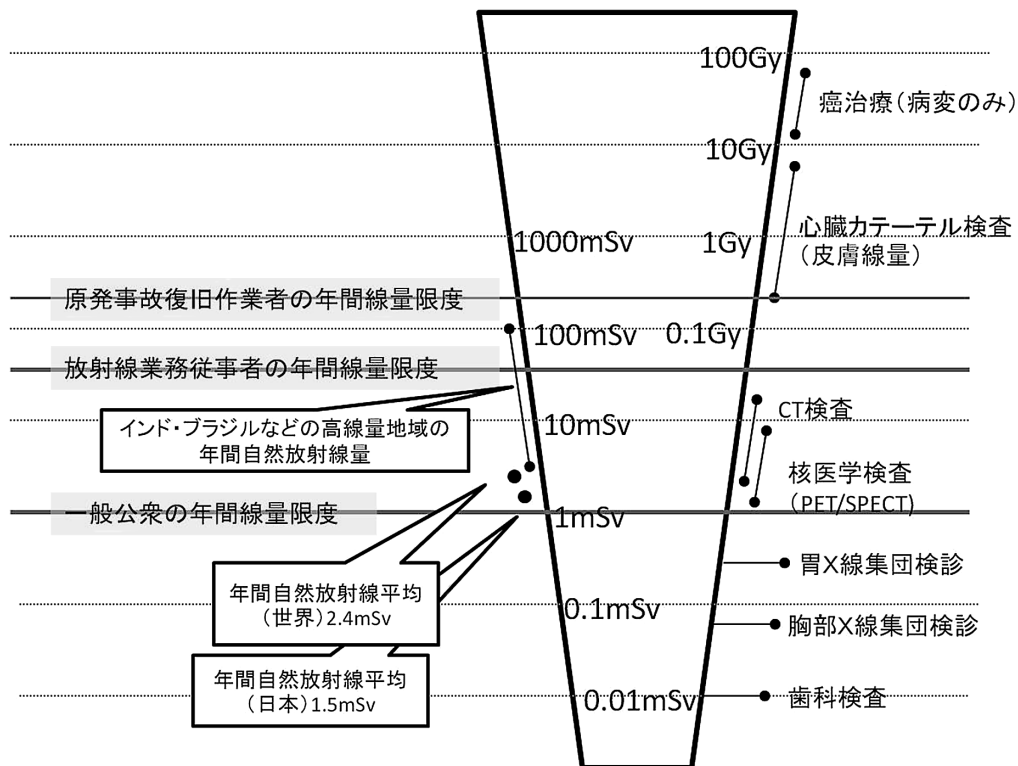


図3 自然放射線と医療放射線量

実際の医療被曝における 体への影響について (表1)

日本放射線公衆安全学会は、検査別に患者の受ける線量レベルを L1 (0-10 mGy), L2 (10-50 mGy), M (50-200 mGy), H (200 mGy 以上) に分類している⁵⁾。L: Low Dose Level は L1 と L2 に分けられ、L1 には通常のレントゲン撮影やマンモグラフィ、歯科撮影が、L2 には通常の CT 検査や RI 検査が含まれる。これらのレベルでは確定的影響は発症せず、発がんなどの確率的影響においても、短期間に頻回に実施しなければ特に心配不要である。M: Medium Dose Level は中間の線量を用いる検査のレベルで冠動脈造影や血管撮影、特殊な perfusion CT や dynamic CT、胃透視、注腸等が含まれる。通常の消化管造影検査では確定的影響は発症しないが、IVR では、皮膚障害と、下腹部を直接照射

する場合の妊娠初期 (受精~8週) の胎児への影響を考慮する必要があり、状況に応じてインフォームドコンセントが必要なレベルである。100m Gy を超えないレベルでは胎児への影響は発生しないが、複数回実施を検討する場合は検査の必要性や代替検査の有無を再確認して実施すべきである。H: High Dose Level は医療被曝の中では比較的高いレベルで頭部の IVR や腹部の IVR、PCI などが含まれる。このようにリスクの存在が明確になるレベルでは、患者個々に便益とリスクの大きさを比較検討し慎重に正当化の判断を行うべきである。また、原則治療行為以外でこのレベルには達するべきではない。なお、昨今の X 線単純撮影装置や、透視装置、アンギオ装置では、入射表面皮膚線量が表示され、皮膚障害を防ぐために照射条件や時間を考えるための指標として防護の最適化を目的として用いられている。一方、X 線 CT 装置では、

CTDI, DLPなどの線量が表示され、換算式により実効線量を算出することが可能となっている⁶⁾。核医学検査では分布部位や半減期が異なる放射性医薬品ごとに、臓器の等価線量や実効線量を求める係数が定められている⁷⁾。

検査ごとの被曝線量について論じる際に、同じSvという単位で示される実効線量と組織等価線量を混同しないことが重要である。実効線量は全身の癌化に対する影響を評価するものであり、局所の被曝による障害への影響を示すものではない。近年、CT装置など機械の進歩により詳細な評価が可能となり、空間、時間分解能の向上により冠動脈CTや脳perfusion CTなども一般化しつつあるが、脳perfusion CTを繰り返されたのちに照射野に一致して鉢巻状に脱毛が起こった症例がしばしば報告されている。実効線量としては2.4 mSv程度の頭部Perfusion CTでも、頭部皮膚の等価線量は300 mSv近くにも及ぶため、表現されている被曝線量が何を示しているのかをその都度正しく理解することが極めて重要である。

閾値が明確な確定的影響に対し、確率的影響である癌化については、理論上閾値がなく線量—影響に直線的な関係があるとする説、低線量ではむしろ影響が少ないとする説、閾値が存在し閾値を超えると直線的に増加する傾向があるとする説がある。可能な限りの影響回避のために閾値のない直線モデルを用い、原爆被曝者による固形がんリスクの調査結果に基づき、100 mSvあたりの生涯癌死亡率の増加は0.5%とする考えがしばしば用いられる。この理論を用いると10 mSvの被曝により2000人に1人、被曝による癌死亡が増加する計算になるが、癌化をきたす要因は、喫煙や飲酒などの生活習慣、ウイルスなどの感染、遺伝など様々存在するため、100 mSv以下の被曝の場合には、被曝を原因とする癌死亡が増加するとする科学的根拠はないとされている。被曝量の増加により癌の確率が増加することは明確な事実であるが、数100~1000mSv程度の被曝による発癌リスクは、日々の喫煙習慣、大量飲酒、野菜不足や高度の塩分摂取、さらには、肥満ややせすぎ、受

動喫煙などによるリスクとほぼ匹敵する程度である。被曝を気にしすぎるあまりに検査を回避して、最適な診療を行う妨げになることは防がねばならない。

日本の医療被曝と、 医療被曝低減の必要性

2004年、世界14か国の医療被曝を検査回数に関する国連の調査データに基づき計算し原爆被曝者の癌罹患率を基礎に発癌リスクを計算した論文が、Lancet誌に掲載された⁸⁾。日本は人口1000人あたりの放射線検査量が世界一多く、日本の癌患者の3%強は診断用放射線誘発癌でありその割合は諸外国と比べて明らかに高いと計算されるという衝撃的な内容は、マスコミでも大きく取り上げられた。

この論文におけるデータはあくまでも統計的な解析であり、個々の被曝歴を参照することもなく、原爆被曝者のデータに基づく閾値の無い直線モデル⁹⁾を使用しているため、複数回にわけて低線量で被曝している医療被曝よりも過大評価されている可能性がある。また、日本においては被曝線量が多い一方で平均寿命も世界一であり、疾患の早期発見や正確な診断のために用いられる診断用放射線被曝が果たしているプラスの効果を無視した解析であるとして、国内放射線関係諸学会からの反論が相次いだ。

しかし、日本では、多くの先進諸国と比べて人口あたりのCT台数が群を抜いて多く、放射線検査量が1.5~2倍近いのは、まぎれもない現実であり、主治医の安心材料のために安易にCT検査を施行されることがあるのも否めない。

ICRP (国際放射線防護委員会) では、放射線防護の3原則として、正当化、最適化、線量限度を掲げているが、医療被曝に関しては、患者側に被曝することによるbenefitがあり、限度を定めることによってそのbenefitが損なわれてはならないため、線量限度は定められていない¹⁰⁾。その分、放射線の医療への利用に際し、正当化と最適化を十分考慮する必要がある。放射線を用いる手技と代替手技を十分比較し、個々の患者の特徴、治療状況を考慮し、以前に

表2 各放射線診療の診断参考レベルと被曝線量

検査の種類	診断参考レベル		被曝線量		
	IAEA ガイダンスレベル	日本放射線技師会 ガイドライン	線量の種類	線量	線量の種類
胸部撮影	0.4 mGy	0.3 mGy	入射表面線量	0.03 mSv程度	実効線量
上部消化管 検査		直接 100mGy, 間接 50mGy	入射表面線量	3 mSv程度	実効線量
CT撮影	頭部 50mGy 腹部 25mGy	頭部 65mGy 腹部 25mGy	CTDI*	5~30 mSv 程度	実効線量
SPECT検査	放射性医薬品ごとの値		投与放射能	0.5~15 mSv 程度	実効線量
PET検査	放射性医薬品ごとの値		投与放射能	2~10 mSv程度	実効線量
乳房撮影	3 mGy	2 mGy	乳腺線量	2 mGy程度	乳腺線量
透視	通常25mGy/分 高レベル 100mGy/分	透視線量率 25 mGy/分	入射表面線量率	手技により 異なる	
歯科撮影	(なし)	(なし)		2~10 μ 程度	実効線量

*CTDI: CT dose index, CT検査の線量を示す指標として用いられる。ファントムを用いて求められた線量。

施行された検査も含めて予測される患者の被曝線量を検討したうえで、患者に対して放射線診療を行うことの判断は、現場の医師にゆだねられた重責であり、患者の被曝による risk と、benefit のバランスを取ることが大切である。

画像診断技術の進歩は目覚ましく、1検査によって得られる情報は爆発的に増加してきた。その一方で、情報量の増加に伴い、被曝量が増加する傾向があり、鮮明な画像を追求しすぎると線量が増加する危険も備えている。IAEA (国際原子力機関) では、診断可能なレベルで被曝を低減するための検査時の指標とするガイダンスレベルを設定し、日本放射線技師会もガイドラインを定めている¹¹⁾。表2にその線量と、およその被曝線量を示す。近年、技術開発の進んだ各種撮像装置において被曝低減のための技術的工夫が注目されつつあるが、その技術に甘んじることなく、検査を依頼する医師、検査を施行する放射線スタッフは、診療のために本当に必要な情報を得るために必要な最低限のものとなるよう、最大限の努力をするべきである。

終わりに

現在の高い医療水準を維持するために非侵襲

的な画像診断は重要であり、放射線を用いることは欠かせない。放射線の種類によりその影響の程度に差異はあるものの、自然放射線、医療放射線、原発事故による放射線はその被曝線量により同様に体内にさまざまな影響をきたすリスクを有している。検査で受ける放射線は低線量であり、多くの場合には部分的な被曝であり、核医学検査で用いる放射性同位元素はごく微量で半減期が短く速やかに体内から排出されるという特徴があるが、原発事故による放射線への不安が多い現在だからこそ、体に対して積極的に照射することが唯一許可されている医療においては、患者に対して十分な説明を行うとともに、その必要性とリスクを正しく判断して冷静で適切な判断を行う事が、我々に求められている責務である。

文 献

- 1) (社) 日本アイソトープ協会. ICRP Publ. 103 国際放射線防護委員会の2007年勧告. 東京:日本アイソトープ協会, 2009.
- 2) (社) 日本アイソトープ協会. ICRP Publ. 60 国際放射線防護委員会の1990年勧告. 東京:日本アイソトープ協会, 1992.
- 3) (社) 日本アイソトープ協会. ICRP Publ. 101 公衆の防護を目的とした代表的個人の線量評価/放射線防護の最適化:プロセスの拡大. 東京:日本アイソトープ協会, 2009.
- 4) 放射性医学総合研究所ホームページ. <http://www.nirs.go.jp/>
- 5) 笹川泰弘, 諸澄邦彦. さらにわかりやすく医療被ばく説明マニュアル. 東京:ピラールプレス, 2010.
- 6) (社) 日本アイソトープ協会. ICRP publication 87: CTにおける患者線量の管理. 日本アイソトープ協会, 2004.
- 7) 日本核医学会. 放射性医薬品等適正使用評価委員会:放射性医薬品の適正使用におけるガイドラインの作成. 日本核医学会ホームページ.
- 8) Berrington de Gonzalez, A, et al. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363: 345-351.
- 9) Preston DL, et al. Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. *Rad Res* 2003; 160: 381-407.
- 10) ICRP: Publ105 Radiological Protection in Medicine, 2008.
- 11) (社) 日本放射線技師会. 放射線量適正化のための医療被曝ガイドライン—放射線診療における線量低減目標値とその実践. 東京:文光堂, 2009.

著者プロフィール



奥山 智緒 Chio Okuyama

所属・職：京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学・講師

略 歴：1994年3月 京都府立医科大学医学部 卒業

1994年4月 京都府立医科大学附属病院 放射線科

1996年5月 大阪市立大学医学部附属病院 放射線科

1997年4月 京都府立医科大学附属病院 放射線科

1999年4月 京都府立医科大学大学院医学研究科生体情報学

2002年4月 京都府立医科大学 放射線医学教室 助手

2003年9月 医療法人坂崎診療所 PET画像診断センター センター長
京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学 客員
講師

2005年4月 京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学 助手
(学内講師), 京都府立医科大学附属病院放射線部副部長 (兼
任)

2007年4月～現職

専門分野：核医学, 画像診断

- 主な業績：1. Okuyama C, Nakajima K, Hatta T, Nishimura S, Kusuoka H, Yamashina A, Nishimura T. Incremental prognostic value of myocardial perfusion single photon emission computed tomography for patients with diabetes and chronic kidney disease. *Nucl Med Commun* 32; 913-919, 2011.
2. Okuyama C, Kubota T, Matsushima S, Ushijima Y, Nishimura T. Intense FDG accumulation in idiopathic tumoral calcinosis *Clin Nucl Med*. 34(4): 230-232, 2009.
3. Nakai T, Okuyama C, Kubota T, Yamada K, Ushijima Y, Taniike K, Suzuki T, Nishimura T. Pitfalls of FDG-PET for the diagnosis of osteoblastic bone metastases in patients with breast cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 32(11): 1253-1258, 2005.
4. Okuyama C, Sakane N, Yoshida T, Shima K, Kurosawa H, Kumamoto K, Ushijima Y, Nishimura T. ^{123}I - or ^{125}I -Meta- Iodobenzylguanidine visualization of Brown adipose tissue. *J Nucl Med* 43; 1234-1240, 2002.
5. Okuyama C, Ushijima Y, Kubota T, Yoshida T, Nakai T, Kobayashi K, Nishimura T. ^{123}I -Metaiodobenzylguanidine uptake in the nape of the neck of children: likely visualization of brown adipose tissue. *J Nucl Med* 44; 1421-1425, 2003.