

小児股関節撮影における 生殖腺防護に関する検討班報告書

2022 年 4 月 26 日

公益社団法人日本放射線技術学会 放射線防護部会委員会

小児股関節撮影における生殖腺防護に関する検討班

報告書要約

- 1900年代,放射線照射による不妊や発達異常の発生,放射線誘発突然変異が世代間で受け継がれることが動物実験で証明.
- 1950年代の科学的知見には放射線誘発の遺伝性突然変異が含まれており,遺伝的影響の発症リスクを最小限にするため生殖腺防護具の使用がガイドラインなどで推奨.
- その後の放射線影響に関する疫学調査や最新の原爆被爆者追跡調査(LSS)において,遺伝性疾患の発生頻度が増加したという明確な証拠は得られていない.
- ICRPは2007年勧告において,全集団に対する遺伝性影響の名目リスク係数を1990年勧告の $1.3 (10^{-2} \cdot \text{Sv}^{-1})$ から $0.2 (10^{-2} \cdot \text{Sv}^{-1})$ へと大幅に引き下げた.
- 精巣線量の大半は一次X線によるものであり,生殖腺防護によって精巣線量は効果的に低減できるが,卵巣線量の大半は生殖腺防護の遮蔽範囲外からの散乱線によるものであり,生殖腺防護による卵巣の線量低減効果は精巣よりも低い.
- 体内の生殖腺の位置には個人差があり,特に卵巣は体外から目視できず,骨盤内の広い範囲に位置するため遮蔽は困難.
- X線装置の性能向上や高感度受光系の開発により,生殖腺線量は1896年から2018年の間で約1/400にまで減少.
- 生殖腺防護は自動露出制御(AEC)機構の使用を妨げ,より放射線感受性の高いかもしれない他の臓器線量を増加させてしまう可能性がある.
- 生殖腺防護によって本来描出される解剖学的構造が覆い隠されるため,診断能の低下あるいは妨げとなって,再撮影が必要となる可能性がある.
- 2019年にAAPMが「X線検査時の患者の生殖腺や胎児への放射線防護具の日常業務としての使用を中止する必要がある」との声明を発出. ACRやASRT, ACPSEM, CAR, HPS, Image Gentry, RSNAなどもこの声明を支持.

- 2020年に英国のBIRは「放射線検査時の患者への放射線防護具の使用に関するガイドライン」を発出.ほとんどの放射線診断で生殖腺防護を推奨せず.
- 2021年1月にNCRPより,「腹部および骨盤部のX線撮影時の日常的な生殖腺防護を終了するためのNCRP勧告」が発出.
- わが国ではJSRT小児股関節撮影における生殖腺防護検討班によって,わが国の小児股関節撮影における生殖腺防護の実態調査が実施.
- 小児股関節撮影の生殖腺防護実施率は80%,そのうち60%が昔からの慣習として実施.多くの施設で検査依頼医や撮影を担当する診療放射線技師が生殖腺防護の実施を判断.
- 回答者の90%が生殖腺防護に起因する再撮影を経験し,再撮理由の80%は放射線防護具が原因.
- これまで日常業務として実施している生殖腺防護を中止するためには,回答者の90%が学会などの指針が必要と考えている.
- 本検討班は1950年代以降に得られた生殖腺被ばくの遺伝的影響に関する科学的根拠やX線撮影装置の性能向上に伴う撮影線量の低線量化,生殖腺防護に伴うデメリットなどを考慮し,わが国でも日常的に実施されてきた生殖腺防護を中止することは妥当であると考え.
- 患者が生殖腺防護の実施を強く求める場合,デメリットも含めた説明を丁寧に行って理解が得られ,かつ画像検査に支障が無いと判断される場合に限って生殖腺防護を実施.
- 生殖腺防護の中止には画像診断に関わるすべての医療者や患者だけでなく,広く国民の間にも生殖腺防護中止に係る情報提供や放射線被ばくに関するリスクコミュニケーションの実施が重要.

1. はじめに

医療現場では患者の病気の診断や治療に必要な情報を得るため、電離放射線を用いた画像診断が数多く実施されている。医療では病気の診断に必要な画像を得る、がん細胞を死滅させるといった診療上の目的のため、人体に意図的に放射線を照射している。良好な画質を得るためにはある程度の線量が必要であるが、線量が多いほど画質が良くなるという訳ではない。またこれらの目的を達成できないほどに線量を低減するのも本末転倒である。そのため患者に対する防護の最適化は患者の放射線量が医療目的に見合うよう管理することであり、医療放射線の防護は行為の正当化、防護の最適化の2点からなっている。行為の正当化は医師や歯科医師の経験的判断や良識に委ねられており、防護の最適化は主に撮影を担当する診療放射線技師に委ねられている。

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、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おり、小児の画像診断では確率的影響の発生リスクの増大が懸念されてきた¹⁾。

1950年代の科学的知見には放射線誘発の遺伝性突然変異が含まれていたため、遺伝的影響の発症リスクを最小限にすることを目的に生殖腺の予測される位置の上に防護シールドを配置することがガイドラインなどで推奨、あるいは要求事項とされてきた。

しかしその後の放射線影響に関する疫学調査や最新の原爆被爆者追跡調査(LSS)で遺伝性疾患の発生頻度が増加したという明確な証拠は得られず、国際放射線防護委員会(International Commission on Radiation Protection: ICRP)は2007年勧告(Publ.103)において、全集団に対する遺伝性影響の名目リスク係数を1990年勧告(Publ.60)の $1.3 (10^{-2} \cdot \text{Sv}^{-1})$ から0.2へと大幅に引き下げられ、生殖腺防護の必要性を再評価する契機となった²⁾。

海外では英国放射線研究所(The British Institute of Radiology: BIR)³⁾や米国医学物理学会(American Association on Physicists in Medicine: AAPM)⁴⁾、米国放射線防護審議会(National Council of Radiation Protection and Measurements: NCRP)⁵⁾で画像診断装置の技術的進歩や生殖腺の放射線感受性や遺伝的影響に関する疫学情報などの現在の科学的知見に照らし合わせ、腹部・骨盤撮影時に慣例的に実施されている生殖腺防護の継続は推奨しないとの勧告が取りまとめられた。

このように海外では腹部・骨盤撮影時の慣例的生殖腺防護の継続中止に向けた声明や指針、勧告などが発表されていることを踏まえ、我が国においても生殖腺防護の中止に対する考え方を学術団体として明らかにする必要があると考え、公益社団法人日本放射線技術学会(Japanese Society of Radiological Technology: JSRT)放射線防護部会は小児股関節撮影における生殖腺防護検討班を設け、我が国の生殖腺防護

の実態を調査し、生殖腺被ばくに関する最新の科学的知見に基づいた小児股関節撮影における生殖腺防護の有効性や生殖腺被ばくリスクの伝え方に関する指針を取りまとめることとした。

本報告書では検討班の活動によって収集された生殖腺防護の歴史的経緯や生殖腺被ばくの遺伝的影響に関する科学的根拠、本検討班が実施した国内実態調査の結果、生殖腺防護中止に向けた諸外国の規制機関の動きなどだけでなく、今後、小児放射線診療に関わるすべての医療者や患者、国民との間において、生殖腺防護の中止に向けて必要となる放射線被ばくリスクに関する情報共有やリスクコミュニケーションの実践方法について、具体例を挙げて説明した。

本書ではわが国の小児股関節撮影において、各医療機関がこれまで慣習として日常的に行われてきた生殖腺防護の中止をするための判断材料として、JSRT放射線防護部会委員会としての見解をここに示す。

なお本報告書の作成にあたられた班員、オブザーバーの先生方の多大なご尽力とご努力に深甚なる謝意を表す。

2022年4月26日

公益社団法人日本放射線技術学会 放射線防護部会委員会
小児股関節撮影における生殖腺防護に関する検討班
班長 竹井 泰孝

2. 謝 辞

我が国の小児股関節撮影における生殖腺防護の実態調査や本報告書作成に協力，
助言いただいた班員，オブザーバーの先生方に感謝の意を表する。

JSRT小児股関節撮影における生殖腺防護に関する検討班報告書 策定メンバー

班 長

竹井 泰孝（川崎医療福祉大学）

班 員

江口 佳孝（国立成育医療研究センター）

川浦 稚代（名古屋大学）

鈴木 昇一（藤田医科大学）

廣瀬 悦子（兵庫県立西宮病院）

広藤 喜章（福島県立医科大学）

本元 強（茨城県立こども病院）

宮寄 治（国立成育医療研究センター）

オブザーバー

五十嵐隆元（国際医療福祉大学成田病院, JSRT放射線防護委員長）

島田 義也（環境科学技術研究所, 日本放射線影響学会理事長）

松原 孝祐（金沢大学, JSRT放射線防護部会長）

（敬称略, 五十音順）

3. 生殖腺防護の歴史的経緯

福島県立医科大学 広藤 喜章

3-1 電離放射線の人体への利用

放射線による人体影響については、1895年RöntgenによるX線発見の翌年から報告がなされている。当時よりX線撮影のほか、1896年、これまで皮膚疾患に対するフィンセン療法と呼ばれる紫外線照射によって引き起こされる紅斑とX線照射によって生じた皮膚紅斑が類似していることから、高線量のX線治療へ応用されるときかけとなったようである⁶⁾。1901年、Williamsらは12種類の皮膚疾患（良性・悪性）に対してX線を用いた治療を行っていた⁷⁾。これらの疾患には陰囊湿疹、精巣結核、肛門掻痒症なども含まれていた。当時は非常に高線量な放射線治療を行っており、その一方で精巣に照射する際に防護具は使用されていなかったと推定されている。

3-2 不妊に関する報告

1903年、Albers Schonbergらは精巣へのX線照射の影響を研究した結果から、オスのウサギやモルモットに対し、皮膚には炎症を発生させなくとも容易に不妊を生じられることを発見したとの報告がされている⁸⁾。1905年、これまでは動物の結果であったが、Halberstaedterらの結果も、放射線感受性の高いウサギの卵巣においても同様であったとされた後直ぐ、X線装置のオペレーターに一時不妊および永久不妊が見られたと報告した⁹⁾。これにより、放射線被ばくによる「ヒト」の不妊に対して注目されるようになっていった。

3-3 遺伝子レベルの研究

1906年にはヒトや動物といった個体から遺伝子レベルでの研究が行われるようになってきた。Bardeenらは組織や細胞、染色体レベルの放射線の生物学的影響について、ヒキガエルに関する研究で、高線量で照射させた精子と正常な卵子とを受精させたが、染色体損傷によるとみられる発達異常が発生したと報告した¹⁰⁾。

3-4 ヒト以外の遺伝性突然変異

1926年にはショウジョウバエを使ったMullerらの実験で、放射線誘発突然変異が受け継がれることが証明された¹¹⁾。しかし、このことは既に1921年にMavorらによって示されていたが¹²⁾、彼の功績は認められていないようである。Mullerは遺伝性突然変異の誘発にはしきい値がないとの仮説を立てており、この仮説は現在も支持されている。

3-5 原爆被爆者から多数の放射線影響報告

1945年に広島・長崎に原子爆弾が投下され、その直後から原爆による高エネルギーの放射線による脱毛や皮膚の紅斑、白血病やがん、また、奇形児や発達遅延など胎児・乳児への影響など様々な人体損傷の報告がなされるようになり、放射線への不安がより一層増大することとなった。更に高度な技術革新とともに医療被ばくや原子力産業、また大気圏での核実験による放射性降下物による放射線被ばくの増加により、人々の放射線に対する不安がますます増大していく結果となっていった。

3-6 最大許容遺伝線量の導入

1958年、多くの放射線健康リスクに対する研究が行われる中、ICRPは放射線による遺伝的影響が観察されていないが、遺伝的損傷はより重要であると推察し遺伝子突変の蓄積を懸念するようになった。遺伝的損傷は何より重要であり重要性と緊急性を実現する問題であると結論付け、近い将来に「最大許容遺伝線量の導入を推奨する」と勧告した¹³⁾。その後すぐに、全人口のゲノムの年間放射線量の測定量として「遺伝有意線量(GSD)」という概念を導入する運びとなった。1958年、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR)は、「遺伝有意線量は仮に人口のすべてのメンバーが受け取った場合、人口のさまざまな個人が受けた実際の線量がすべて人口の同じ遺伝的傷害が起きることが予測される線量」と述べている¹⁴⁾。同年ICRPは、世代ごとの遺伝線量限度として5レム(50 mSv)の値を提案し、多くの研究によって推定された。

3-7 遺伝的影響は非常に小さい¹⁾

1969年ICRPは、「医療放射線によるGSDは多くの国で測定され、それらの値は10～60 mrad/年(0.1–0.6 mGy/年)」の範囲であったと報告している¹⁵⁾。すなわち、医療における放射線被ばくは遺伝線量限度に比べ1桁下回っているという結果であった。それ故、30年以上もの間、常に生殖を考慮してきたが、遺伝線量はICRPの線量限度や自然放射線による被ばくよりも低かったためGSDは注目されることなく当時の文献からも消えていった。この要因としてGSDは非警戒値であり、遺伝的影響を懸念するよりも小さかったことから指標としても大きな意味をなさず、この後見られる発がんが優位な懸念事項となっていった。

3-8 遺伝的リスクからがんリスクへ変革

1977年以降、遺伝的リスクは身体的なリスクの中に入れて考えられるようになり、後に実効線量(E)として再定義された実効線量当量(HE)にも遺伝的リスクを含みながら定義されている。遺伝的影響のリスクに対する知見の変化は、等価実効線量や実効線量の計算に用いる生殖腺に対する組織加重(荷重)係数の変更として反映されてお

り,初めて導入されたICRP Publ.26(1977)では0.25¹⁶⁾として,これはどの臓器・組織よりも高い値であった.しかし,その後の生物学的研究や長年に渡る結果からはヒトにおける遺伝的影響などが見られず,その係数はPubl.60(1990)で0.2¹⁷⁾,現在の勧告Publ.103(2007)では0.08²⁾と当初の3分の1以下まで引き下げられていった.

3-9 NCRPによる慣例的な生殖腺遮蔽廃止に向けた勧告^{5), 18)}

このような背景を下に生殖腺防護の不要論が叫ばれるようになってきたが, NCRPでは以下のように述べている.まず,撮影線量が1950年代に比べ95%以上も減少しており,ごく僅かな放射線量で十分な診断が可能となっていること,生殖腺の放射線感受性はこれまで考えられていたよりも遥かに低いことなどが前提となっている.また,適切な放射線量で撮影技術があれば問題はなく,逆に防護シールドが診断の邪魔となり確認すべき病変の見落としや再撮影などにより,かえって不利益を増やす可能性があるとし,総合的に鑑みれば防護シールドは不必要と結論付けられるとしている^{5), 18)}.

3-10 今後の動向

生殖腺防護シールド使用の歴史について考察したJeukensらは,最新X線機器の利用による生殖腺防護の最適化は放射線リスクを低減させる鍵であるとし,生殖腺の遮蔽によって達成できる放射線リスクの減少は非常に小さくこの慣習を終わらせることは正当と考えるとしている¹⁾.本邦においても,まずは現状を見出すことを目的とし生殖腺防護の使用状況や生殖腺防護シールドの継続中止の勧告の認知調査を行う必要があり,様々な関連団体と見解を統一した上に,早急に方針表明を行うことが望ましいものと思われる.

4. 放射線の生殖腺への生物影響

(公財)環境科学技術研究所 島田 義也

生殖腺の放射線影響は、確定的影響（組織反応）としての不妊と、確率的影響の遺伝性影響（次世代影響）がある（図1）。不妊を誘発する放射線量にはしきい値がある。急照射の場合、男性の一時的な不妊は0.15Gy、永久不妊は3.5～6.0Gyのしきい値がある。多分割または遷延被ばくでは、それぞれ、0.4Gy/年、2.0Gy/年である。女性の不妊は急照射で2.5Gy～6.0Gy、遷延照射で0.2Gy/年以上と報告されている(ICRP Publ.103)²⁾。男性の精子の大元の細胞である精原細胞は、思春期になるとその数を大きく増やし、中高年になっても精子は作りつづけられる。精原細胞は40～90日かけて精子に成熟するので、被ばく後精子の数が減るのは40日経ってからである。一方卵子は胎児期にその数が最高（700万個）になり、出生時には200万個に減少し、閉経にかけてゼロに近づいていく。卵子の数が少ない中高年の女性は低い線量でも閉経が加速する。

次に遺伝性影響である。放射線の遺伝性影響が議論になったのは、今から100年前の1927年にマラーがX線によって生殖細胞に突然変異がおこるというショウジョウバエの発見に遡る（図2）。重要なポイントは、(1) 突然変異頻度と線量に正比例の関係があること（LNT仮説、のちにLNTモデル）、(2) 長期の低線量率照射でも分割照射でも、総線量が同じならば同じ頻度で突然変異が誘発される点である。核実験が盛んになる1950年代になると、全人類に降りかかってくる放射性物質の被ばくによって人類の未来が危くなると心配された。1952年、ICRPは、ショウジョウバエ（精子）の実験結果は人にも当てはまるとし、突然変異の発生率は、(1) 子どもをつくるまでに生殖腺が受けた総線量に比例し、(2) 線量率には全く影響されないと仮定し、放射線の被ばくを規制した。LNT仮説は、量の管理に単純な足し算が使える、総量規制が簡単になるというメリットがある。

図1. ヒトの放射線影響の分類

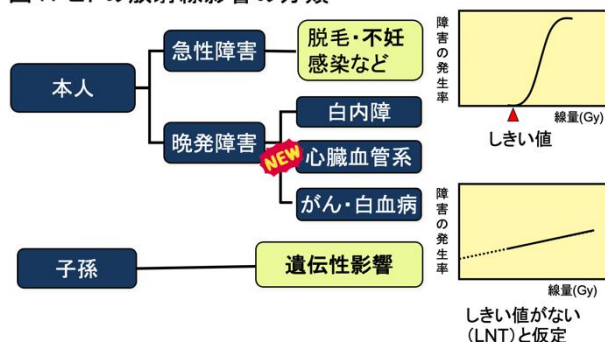


図2. ショウジョウバエの精子に誘発されるX染色体劣性突然変異（眼の色や羽の形の変異）

更に、ヒトに近いマウスで突然変異を定量的に測定する特定座位法をラッセルが開発し、メガ(100万匹)マウスプロジェクトを開始した。その結果、線量率が下がると突然変異率も下がること、また、生殖細胞の分化の時期によって突然変異率が変化することが明らかとなり、“線量率に影響されない、総線量に比例する”という仮説は否定された(図3)。精原細胞は成熟精子より放射線の影響が小さいことから、被ばく後、時間をあけて交配すると種々の遺伝的影響は格段に小さくなる¹⁹⁾。

一方、ヒトにおいても遺伝影響を見つける試みはされた。しかし、1947年から始まった原爆被ばく2世の調査では、死亡や奇形、染色体異常、生化学検査などにおいて有意な増加は認められなかった。また、放射線治療を受けた患者や、放射線科医や技師の子ども達においても遺伝的影響は認められなかった(表1)²⁰⁾。

このような科学的知見の蓄積によって、ICRPは遺伝障害の防止を放射線防護の主目的から外した。1977年勧告には、「過去20年に得られた知識からすると、遺伝影響は重要ではあるが、とりわけ重要ではなさそうである。」と記された。その後、ICRP勧告が改訂される度に、生殖腺の組織加重係数は小さくなっていった(表2)。

表2. 生殖腺の組織加重係数

ICRP(年)	1977	1990	2007
組織加重係数 (w_T)	0.25	0.2	0.08

しかし、遺伝影響はヒトでは見つかっていないが、マウスで見つかる。ヒトとほぼ同じ遺伝子構成である(遺伝子の8割が同じ)マウスで見つかるのだから、ヒトでもあると考えるのは当然である。そこで、ヒトの遺伝影響を推定する目的で考案されたのが倍加線

図3. 生殖細胞における放射線誘発突然変異

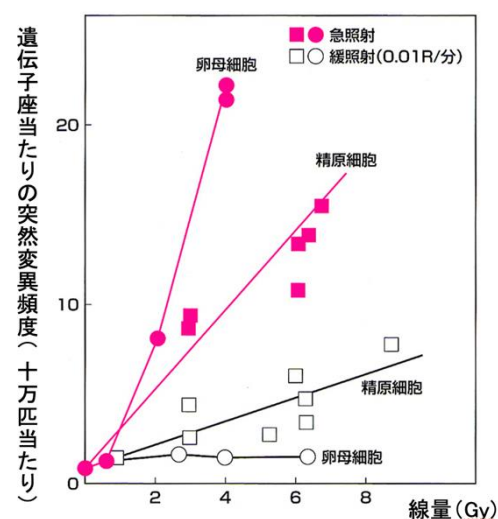


表1. 被ばくによる次世代影響

(1) 原爆被ばく(染色体異常)

異常の起源	染色体異常を持った子供の数(割合)	
	対照群 (7,976人)	被ばく群 (8,322人) 平均線量は0.6グレイ
両親のどちらかに由来	15 (0.19%)	10 (0.12%)
新たに生じた例	1 (0.01%)	1 (0.01%)
不明(両親の検査ができなかった)	9 (0.11%)	7 (0.08%)
合 計	25 (0.31%)	18 (0.22%)

(2) 小児がん生存者(染色体異常、奇形)

	がん生存者の子供 (6,129名)		患者兄弟の子供 (3,101名)	
	症例数	頻度	症例数	頻度
染色体異常	7	0.1%	6	0.2%
メンデル遺伝病	14	0.2%	8	0.3%
奇形	136	2.2%	97	3.1%
計	157	2.6%	111	3.6%

※がん生存者の生殖腺平均線量は、女性1.26Gy、男性0.46Gy
放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料(環境省)

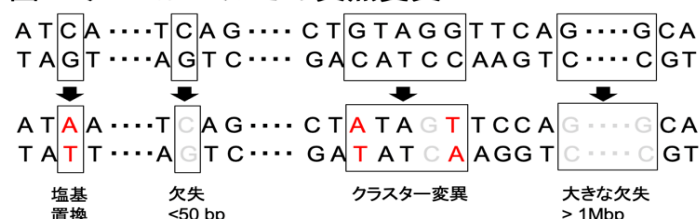
量法である。自然に発生する頻度と同じだけの頻度を発生させる線量のことでICRP1977年勧告は100 rem (1Sv)とし、この値は2007年勧告まで維持されている。

ではなぜ、ヒトでは遺伝影響が見つかっていないのだろうか。その理由として、線量が低く、また、統計学的有意な増加を観察できるほど集団サイズが大きくなかった可能性がある。そこで、1984年米国エネルギー省 (DOE) が主催で開かれたアルタ会議で、「広島・長崎での原爆被ばくによる遺伝的影響を科学的に評価するためにはヒトゲノム全体の解析が必要である」とし、世界を巻き込んだヒトゲノム計画が1990年にスタートした。その成果は、ヒトの進化の科学を切り開き、がんやアルツハイマー病などの疾患の原因解明、治療へ貢献している。遺伝学においても、生殖細胞の次世代に遺伝する自然突然変異 (塩基置換型) は40-90個で、父親が加齢するとその頻度は2倍に増加することなどが分かってきた²¹⁾。

マウスとヒトのゲノム解析から、生殖細胞の自然突然変異や放射線で誘発される突然変異の頻度や配列の特徴などが徐々に分かってきた^{22, 23)}。

- 1) ゲノムレベルでの遺伝的影響には、塩基置換変異 (single nucleotide variants, SNV), 小さな欠失挿入 (Indels, <50bp), 大きな欠失 (>1Mbp) と増幅 (copy number variants, CNV), クラスター変異 (数塩基しか離れていない配列にSNVやIndelが複数存在する) などがみつかるとの報告がある (図4)。

図4. ゲノムレベルでの突然変異



- 2) 放射線に特徴的な生殖細胞の突然変異は、CNVとIndels, クラスター変異が増加するがSNVは増加しないという報告が多い。
- 3) 倍加線量はマウスの場合、0.5-1Gyであり、ラッセルのメガマウス実験の結果とほぼ同じである。
- 4) ヒトにおいては、原爆被ばく、ブラジルで廃病院跡に放置されていた治療用のセシウム線源で被ばく、兵器システムの従事により高線量被ばく、そしてチェルノブイリ原発事故時に事故処理時での被ばくした家族での次世代変異が調べられた²⁴⁾。現在までのところ、SNVとCNVの頻度には差がないが、クラスター変異は増加するという報告と変化しないという報告がある。

1991年に始まったヒトゲノムプロジェクトは30年経って漸く初期の目的解明に近づきつつある。十分な数の家族を調べることができれば、大きな欠失やクラスター変異を指標として、①線量・効果関係、②線量率効果についてゲノムレベルでの解明も近いと思う。

5. 生殖腺防護に関する国内外の動向

名古屋大学 川浦 稚代

5-1 米国の動向

5-1-1 米国食品医薬品局 (Food and Drug Administration: FDA)

FDAは、1976年から米国連邦規則集(Code of Federal Regulations: CFR)の第21巻1000.50項において、診断用X線検査中に患者の特定領域へ生殖腺防護具を使用する際の推奨事項を提示してきたが、2019年4月に、この推奨事項を全面的に廃止する修正を連邦官報に提示した²⁵⁾。これを受け、患者の生殖腺防護に関連する州規制が修正あるいは廃止されつつある。

5-1-2 米国医学物理学会 (AAPM)

FDAの通達と同時期に、AAPMは、X線画像診断検査時の患者の生殖腺および胎児への放射線防護具の日常業務としての使用を中止する必要があることを通知した⁴⁾。一般的な問題として、放射線防護具の使用は、解剖学的情報を不明瞭にする可能性があり、診断情報が損なわれることによる反復検査によって患者線量の増加が起こる、また、X線イメージングシステムの自動露出制御機構(automatic exposure control: AEC)が防護具によってその働きを妨げられることでX線出力が増加し、患者線量の増加をもたらす危険性があることを挙げており、これら放射線防護具に関連するリスクと極僅かな程度から存在しないほどの利益のために、X線画像診断検査での防護具の使用を中止することを推奨している。また、ヒトでの研究では、放射線に関連づけられる過剰な遺伝性疾患の発生は認められていないこと、いくつかの例外を除いて、多くの放射線画像診断検査からの放射線被ばくは、胎児への害に関連づけられる被ばくよりもはるかに低い線量であることなども根拠として挙げている。更に、AAPMは、診療放射線技師の教育プログラム(患者への働きかけの取り組みを含む)が、生殖腺および胎児への放射線防護具の限られた有用性と潜在的な欠点に関する情報を提供することを推奨している⁴⁾。

このAAPMの見解⁴⁾は、米国放射線学会(American College of Radiology: ACR)やオーストラリア医学物理協会(Australasian College of Physical Scientists & Engineers in Medicine: ACPSEM)、カナダ放射線科医協会(Canadian Association of Radiologists: CAR)、カナダ医学物理学学会(Canadian Organization of Medical Physicists: COMP)、米国保健物理学学会(Health Physics Society: HPS)、Image Gently、北米放射線学会(Radiological Society of North America: RSNA)などの複数の組織によって支持されている。

5-1-3 米国放射線技師協会 (American Society of Radiologic Technologists: ASRT)

AAPMの声明を受け, 2019年7月, ASRTはオンラインニュースルームで, 診断用X線検査中の患者の生殖腺および胎児の放射線防護具の使用を終了するという新たな問題について, 6月の理事会会議で広範な議論を行ったことを報告した²⁶⁾. しかし, 生殖腺防護は診療放射線技師(以下, 放射線技師)にとって長年の慣行であり, 放射線安全においての最善な方法であるので, これを変更するには教育プログラム, 州法, 認証, 施設プロトコル, および患者の期待を修正する必要がある, これには, 科学的知見の検討と問題のより深い理解によって, 更なる議論の必要があるとして, この時点ではAAPMへの支持を先延ばしにしていた. ところが, その後の検討の結果, 2021年1月15日になって理事会は, 特に, 腹部および骨盤部のX線撮影時の生殖腺および胎児への放射線防護具使用の中止を支持する声明を発表している²⁷⁾. その声明では, 医療技術の大幅な進歩により, X線撮影検査での患者線量は大幅に減少しているものの, 放射線技師による放射線防護は質が高く安全な手技であり, 過剰な放射線量を減らす包括的な取り組みの重要な要素の一つであるとしたうえで, 防護具の配置が適切であり, 患者の被ばくを最小限に抑えるよう調整されている場合は, 鉛防護具による放射線防護の継続的な使用を擁護すると述べている. また, メディア報道は, 公衆や患者の放射線恐怖症を悪化させる可能性があるとし, この問題解決には, 患者と医療従事者の教育が必要であるとしている.

5-1-4 米国放射線防護審議会 (NCRP)

2021年1月, ASRTの声明発出の直前の12日には, NCRPが, 「腹部および骨盤部のX線撮影時の日常的な生殖腺防護を終了するためのNCRP勧告」と題した新勧告 (NCRP Statement No. 13)⁵⁾を公表している. この勧告に至るまでの検討に寄与した6つの要因は以下のとおりである.

- 遺伝性(的)影響のリスクは, 現在は以前の推定よりもはるかに低いと考えられている.
- 1950年代以降の技術進歩により, X線撮影による骨盤内臓器への吸収線量は最大95%まで減少している.
- 生殖腺防護具は, 自動露出制御機構(AEC)の使用を妨げることで, より放射線感受性が高い可能性のある他の骨盤および腹部臓器への線量増加を引き起こす可能性がある.
- 生殖腺防護具は骨盤部の解剖学的構造の一部を覆い隠し, レントゲン写真の重要な所見を覆い隠す可能性がある. これは, 防護具の実用的な寸法と面積を制限する.

- 放射線技師による診療ガイドラインの遵守にもかかわらず、防護具の面積には制限があり、患者の解剖学的構造には通常変動があるため、防護具は大多数の患者の生殖腺を完全に遮蔽できない場合がある。
- 卵巣への生殖腺線量の大半は、防護具で減衰されない散乱X線によってもたらされる。

これらの要因から、NCRPは、ほとんどの状況下で生殖腺防護具の使用は、被ばくりスクの低減に大きく貢献せず、被ばくの増加と貴重な診断情報の喪失という意図しない結果をもたらす可能性があるため、放射線防護の慣例として正当化されないと結論付けている。

NCRPは、腹部および骨盤部のX線撮影時に生殖腺防護具を日常的に使用しないこと、また、これに関する連邦、州、地方の規制とガイダンスを改定することを推奨している。しかし、生殖腺防護具の使用は、一部の限られた状況では適切なままである可能性があるとし、この報告書における推奨事項は、腹部および骨盤部におけるX線撮影時の患者の生殖腺防護に限定されることを強調している。

このNCRP Statement No. 13⁵⁾には、適用ガイダンス²⁸⁾と三つ折りパンフレット²⁹⁾が付属資料として提示されており、三つ折りパンフレット²⁹⁾は、X線検査での実際の患者への説明に役立つ内容となっている。

5-1-5 米國小児科学会 (American Academy of Pediatrics: AAP)

AAPは、2020年3月31日に「AAP News」³⁰⁾において、AAPMの声明⁴⁾やニューヨークタイムズ紙の記事³¹⁾を紹介し、鉛エプロンによる防護を必要としない業務移行の背景には、医療技術の進歩と生物学的考察があると説明している。

本文の最後では、親または介護者が防護具を要求し、それが心理的に有益である場合は例外を設けることができ、その状況に対し放射線科では、防護を必要としている介護者が防護による利益と不利益を理解できるようなガイドラインやコミュニケーション戦略を持つべきであるとしている。また、今回の業務変更には、画像診断チームの全メンバーの教育が必要であるとしている。

5-1-6 マスメディアの反応

2020年、米国の最も著名な新聞紙であるニューヨークタイムズ紙³¹⁾、および世界的な経済誌であるフォーブス誌³²⁾は、X線撮影室での鉛エプロンによる生殖腺防護が必要なくなることについての経緯を専門家の意見もふまえて詳細に説明した。科学的根拠から考えて、鉛エプロンなどによる防護具を使用するメリットはなく、害を及ぼす可能性があることを広く米国民に周知させた。

5-2 英国の動向

5-2-1 英国放射線研究所 (The British Institute of Radiology: BIR)

2020年3月5日にBIRは、英国医学物理学研究所(Institute of Physics and Engineering in Medicine: IPEM), 英国公衆衛生庁(Public Health England: PHE), 英国王立放射線科専門医会(Royal College of Radiologists: RCR), 英国放射線技師協会と大学(Society and College of Radiographers: SCoR), 英国放射線防護学会(Society for Radiological Protection: SRP)と共同で、診断放射線利用時の患者への放射線防護具の使用に関するガイダンス³⁾を発出した。

この文書の目的は、英国全体の混乱を減らし、防護行為の一貫性を向上させることを意図して、患者接触の防護具が必要な理由と、それをいつどこで利用できるかについての一般的なガイダンスを提供することであった。このガイダンス³⁾では、主に、診断およびインターベンショナルラジオロジー検査を受ける患者に直接適用される放射線防護具を対象としており、撮影装置や撮影室の設計に組み込まれた防護板は含まれず、実際に患者上に配置されていない特別な防護具(例えば、新生児集中治療室のインキュベーター上に乗せる防護板の使用、これは赤ちゃんに触れないため)は除外された。

このガイダンス³⁾は12章に章立てられており、総ページ数が87ページにも渡る。ガイダンス³⁾の後半部分では、各モダリティについての生殖腺防護の現状と推奨事項についてまとめている。それらを見ると、ほとんどの放射線診断検査で放射線防護が推奨されていないことがわかる。また、生殖腺だけでなく、乳房や甲状腺、眼の水晶体といった放射線感受性の高い臓器も基本防護が推奨されていなかったり、防護具ではない被ばく低減方法が推奨されていたりと、防護具は日常的に使用されていない傾向が見られる。

一方、CT検査時の防護行為については、様々な議論があるとして、このガイダンス³⁾内で独自に検討した防護に関する推奨事項を提案している。ただし、いずれの検査においても「妊娠中の患者」と「小児患者」には注意が必要で、女兒の骨盤検査での防護具の使用では、卵巣の位置が予測できないため、生殖腺防護についてはいくつか議論があるとしている。

BIRのガイダンス³⁾には、付属文書としてガイダンス要約³³⁾と三つ折りパンフレット³⁴⁾「X線とシールド:安全と成功へのガイド」が提示されている。これには、患者からのよくある質問がQ&A形式で紹介されており、患者や家族への説明時の参考資料として提供された。

5-3 そのほか諸外国の反応

5-3-1 オーストラリア診療放射線技師会 (Australian Society of Medical Imaging and Radiation Therapy: ASMIRT)

ASMIRTは2020年に、生殖腺防護に関する意見書³⁵⁾を報告した。ASMIRTは医用画像における生殖腺防護具の使用中止を支持し、この意見書の内容が、国内および国際的なステークホルダーの見解と一致していることを表明した。また、AAPMの声明⁴⁾について紹介し、患者の生殖腺防護は、放射線画像診断検査を受診するという利点を危険にさらす可能性があるとし、この声明⁴⁾と、オーストラリア放射線防護原子力安全庁 (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency: ARPANSA) が公開している、「電離放射線に対する防護の基礎/放射線防護シリーズF-1」³⁶⁾を併せて読むことを推奨している。

5-3-2 医用画像の品質と安全性に関するアジア太平洋フォーラム (Asia-Pacific Forum on Quality and Safety in Medical Imaging: APQS)

2020年9月19日、APQSが台湾の台北で2回目の会議を開催した。APQSは、主要なアジア地域から放射線安全および画質評価の専門家を招集する年次総会である。会議では、放射線防護の利点と損害について話し合われた³⁷⁾。また、「画像診断における患者の生殖腺および胎児の放射線防護に関するよくある問い」についてのファクトシートから得られた5つの問いが会議の参加者に提示され、各国の参加者(台湾、シンガポール、香港、日本、タイ、インドネシア)は、自国で行われている生殖腺防護の慣行に基づき議論し、最終的に、各問いについてのコンセンサスを得た。

これら会議の詳細や各国の代表者が合意に至った科学的根拠については、The British Journal of Radiology (BJR)誌³⁷⁾に評説として掲載された。その中で、放射線防護はもはやX線撮影検査における必須事項ではないという判断は、加盟国間で満場一致とはならなかったことを説明し、患者の恐怖を和らげるために防護具を使用するというケースは、特定のアジア諸国の特定の文化的要因により頻度が高い可能性があるが、アジアも米国のような経過をたどるので、放射線防護に関する将来の方向性は、アジア各国固有の方針を確立する必要があるとしている。

5-3-3 カナダ放射線科医協会 (CAR)

2021年5月カナダのCARは、患者に対する生殖腺および胎児の放射線防護具の使用を中止する声明を発表した³⁸⁾。この声明発出の3か月前の2021年2月には、CARの支援を受けて、CAR Journalが、生殖腺防護の問題に関する招待論文³⁹⁾を公表しており、その中で著者らは、放射線防護具の使用を中止する必要性を指摘した科学的証拠が優位であることに加え、放射線科専門団体が他の専門家やこの業務変更を促進する

ための適切な政府および認定機関と協力するよう呼びかけていることについて述べている。

最後に、放射線リスクに関する誤った情報が蔓延しているため、放射線科医や放射線技師が患者の懸念を緩和する取り組みを行う際には指針となるリソースの開発が必要であり、最終的には、患者の関与、専門家間のコラボレーション、および教育の継続が、この業務移行の鍵になると締めくくっている。

5-4 日本における動向

5-4-1 日本放射線技術学会 (JSRT)

AAPMの生殖腺防護中止に関する声明⁴⁾を受け、JSRTの放射線防護部会は、「小児股関節撮影における生殖腺防護に関する検討班」を設置し、2020年7月に第1回目の班会議を開催した。その後、2020年11月18日から2021年2月28日までの期間で医療従事者向けに、「小児の生殖腺防護に関するアンケート」を実施し、日本における小児の生殖腺防護の実態を調査した。アンケートの内容およびその結果については、本報告書の6章で詳述する。また、このアンケートの内容は、日本診療放射線技師会(Japan Association of Radiological Technologists: JART)との合同シンポジウムにおいて放射線技師を中心とする医療従事者に紹介された。より多くの医療従事者に日本の生殖腺防護の現状を理解してもらうために、この合同シンポジウムは、2021年10月開催の第49回日本放射線技術学会秋季学術大会と11月開催の第37回日本診療放射線技師学術大会とで同じ内容にて2回実施された。同月、当検討班は、アンケート調査のまとめを解説資料として日本放射線技術学会誌に掲載した⁴⁰⁾。

5-4-2 日本保健物理学会 (Japan Health Physics Society: JHPS)

JHPSは、NCRPの許可を得て、NCRPの新勧告(NCRP Statement No. 13)⁵⁾とその付属文書である適用ガイダンス²⁸⁾、説明用三つ折りパンフレット²⁹⁾を和訳しまとめたものを、2021年6月、保健物理誌¹⁸⁾に掲載した。このNCRP新勧告(日本語版)をより多くのステークホルダーが読んで理解することが期待される。また、同年9月には、NCRPの新勧告発出に至るまでの経緯や生殖腺防護中止の根拠となった科学的知見についての解説記事を、同じく保健物理誌⁴¹⁾に掲載している。更に、同月11日には、保健物理学会シンポジウム「変わりつつある医療放射線防護：マネジメントシステムと生殖腺防護」がWeb開催され、NCRP新勧告⁵⁾の概要説明と小児股関節撮影における生殖腺防護に関する国内での検討状況についての説明がなされた。会場では、専門家間での意見交換が活発に行われた。

5-4-3 日本診療放射線技師会 (JART)

JARTでは性腺防護に関するワーキンググループを設置し、現在、活動の準備を進めている。

5-5 まとめ

欧米諸国の生殖腺防護中止への動向を鑑みると、日本においても近い将来、生殖腺防護を行わない放射線診療を実施することになる。そこで問題となるのが、X線検査を受ける患者への説明、あるいは一般公衆への周知をだれがどうやって行なうかである。これには、欧米諸国の取り組みが参考になる。特に、マスメディアによる国民への周知は効果的であると考ええる。しかし、与えられた情報を正しく理解するには、放射線教育が重要であり、医療従事者と患者間のコミュニケーションツールの整備も必要になるであろう。これには、国、行政、学校、病院などの協力が必要であり、すべてのステークホルダーで生殖腺防護問題の解決に取り組む必要があると考ええる。

6. 我が国における生殖腺防護の実態（含アンケート報告）

茨城県立こども病院 放射線技術部 本元 強

6-1 はじめに

小児股関節撮影の際の生殖腺防護の必要性はこれまでも長く議論されてきた。諸外国では、2019年に米国医学物理学会(AAPM)および米国放射線学会(ACR)から、小児の画像診断で日常的に行われている、生殖腺や胎児に対する防護を中止するべきとの声明が発表された⁴⁾。米国放射線防護審議会 (NCRP)は、2021年1月12日に、生殖腺防護に関する声明、ならびに、その付属文書としてガイダンスと説明用三つ折りパンフレットを公開し、腹部や骨盤部の単純X線撮影時における生殖腺防護（生殖腺の遮蔽）は放射線防護の慣例として正当化されないと勧告した^{5, 28, 29)}。このように、世界的に生殖腺防護中止に向けた動きが高まっている¹⁸⁾。

わが国でも日本放射線技術学会 (JSRT)は放射線防護部会を中心に、生殖腺防護の可否についての議論を行ってきた。今回のNCRP勧告の発出⁵⁾を受け、JSRTでも生殖腺防護の必要性について学術的および社会的観点から議論を行い、JSRTとしての考えを取りまとめる検討班が放射線防護部会に設置された。この小児股関節撮影における生殖腺防護に関する検討班は、多角的な視点から議論を進めるために、診療放射線技師だけではなく放射線科医師や整形外科医師も班員として参加いただいた。

6-2 方法

検討班では、わが国の医療機関で実施されている小児の生殖腺防護の実態把握を目的として、Google Formsを利用したオンライン調査を実施した。本調査は検討班班長が所属する川崎医療福祉大学倫理審査委員会の承認を得て実施した（倫理承認番号 20-071）。この調査は全13問の選択回答形式とし、2020年11月18日から2021年2月28日までの3か月間、Facebookの医療従事者専用掲示版ならびにJSRTのウェブサイトを通じて告知を行い、177人からの回答が得られた。以下、結果を報告する⁴⁰⁾。

6-3 結果

職種（設問1 あなたの職種を教えてください）について、回答者の88%が診療放射線技師、残りが放射線科医師であった。また所属先の施設（設問2 貴院の開設者は）「公的医療機関」が41%と最も多く「医療法人」「学校法人」の順になっていた。所属先・病床数（設問3 貴院の病床数を教えてください）は無床施設から千床以上の大規模病院まで広く分布しており、最頻値は200から400床未満の医療施設となっていた。使用装置（設問4 小児股関節撮影に使用している装置は）については、Flat Panel Detectorが77%、Computed Radiographyが20%、ごく少数であるがX-ray TVが3%とな

っていた。小児股関節撮影における生殖腺防護の実施状況（設問5 貴院では小児股関節撮影で生殖腺防護は行われていますか）については、回答者の76%が実施していると回答しており、わが国では多くの医療機関で生殖腺防護が実施されていることが明らかになった。そのほかの放射線診断検査について（設問6 股関節撮影以外で小児の生殖腺防護を行っている放射線診断装置はありますか）は、「該当なし」が41%と多く、「CT」「四肢X線撮影」「胸部（腹部）X線撮影」「歯科X線撮影」「血管造影」の順となった。

生殖腺防護の判断をだれが行っているのか（設問7 生殖腺防護の実施（不実施）の判断はどなたがされましたか）の設問に対し、「以前からの慣習」との回答が62%と最も多く、「撮影担当技師」「整形外科医」「小児科医」「部門担当技師」の順となった。これらの結果から、撮影を依頼する医師や撮影を担当する診療放射線技師が、昔からの慣習に従って生殖腺防護の実施を判断していることが明らかになった。

次に、生殖腺防護が原因の再撮影（設問8 これまでに生殖腺防護が原因の再撮影はありましたか）については、「再撮影の経験がある」と90%の回答があった。再撮影の頻度（設問9 小児股関節撮影で生殖腺防護具が原因となった再撮影はどのくらいの割合ですか）は「5%未満」が過半数を占めていた。また再撮影の原因（設問10 再撮影の理由は）についての設問では、「観察部位の欠損」が73%、「防護具の位置が不適切」が73%だった。これらの回答から、ほとんどの再撮影は生殖腺防護具の配置に起因していることが示唆された。

生殖腺防護についてのAAPMやACRの声明⁴⁾（設問12 AAPMやACRの声明を受け、小児の股関節防護の可否について検討しましたか）については、62%が「知らなかった」との回答であり、85%が「海外の声明を受けて、自施設の放射線防護の継続の可否を検討していない」との回答だった。これらの結果から、診療放射線技師の大半は生殖腺防護の継続中止に関する海外の動向を知らず、生殖腺防護の可否も検討していないことが明らかになった。

最後の設問（設問13 わが国で小児股関節撮影における生殖腺防護の必要性に関する学会指針が示された場合、貴院の生殖腺防護継続の意思決定に影響を与えますか）では、「学会指針が示された場合、貴院の生殖腺防護継続の意思決定に影響を与えるか」に対し、「ややそう思う」まで含めると、87%の担当者が「影響を与える」と考えていることが分かった。

6-4 考察

生殖腺防護をしない際の短所については、生殖腺が被ばくすること、生殖腺被ばくについての不安の2点が挙げられる。また生殖腺防護をした際の短所については、X線イメージングシステムの自動露出制御機構(automatic exposure control: AEC)動作への影響による線量の増加、防護具による所見を覆い隠す可能性、生殖腺防護具の不適

切な配置による再撮影のリスク、生殖腺の変位により、大多数の患者の生殖腺は防護具で遮蔽できないなどが挙げられる。生殖腺防護中止に係るリスクコミュニケーションを行っていく際には、これらを比較して、患者に及ぼす影響を論じていく姿勢が必要になると考える。

6-5 まとめ

結論として、わが国で行われてきた生殖腺防護は、科学的根拠に基づいたものではなく昔からの慣習として実施されており、依頼医や撮影を担当する診療放射線技師の判断で実施されている。今回の調査から、生殖腺防護が原因となる再撮影を90%の回答者が経験しており、そのほとんどが防護具の配置に起因していることが明らかになった。また回答者の多くが、学会などの指針が生殖腺防護継続中止の意思決定に影響を与えると考えており、早急な指針策定が必要である^{42), 43)}。今後の生殖腺防護の中止については、小児画像診断に関わる医療者と患者および家族が、生殖腺防護を行わない検査について納得することが重要と考えており、生殖腺防護の中止に向けたリスクコミュニケーションが重要である。一般公衆では、放射線というと、遺伝的な影響を受けるイメージを想定してしまう可能性があるので、慎重に対応していく必要があると考える⁴³⁾。

7. 生殖腺防護とリスクコミュニケーション

国際医療福祉大学成田病院 五十嵐隆元

7-1 リスクコミュニケーションとは

リスクコミュニケーションとは「対象の持つ情報, ことにリスクに関する情報を, 当該リスクに関係する人びとに対して可能な限り開示し, たがいに共考することによって, 問題解決に導く道筋を探す社会的技術」のことを言う⁴⁴⁾. この概念の元, 放射線防護分野では医療現場, そして福島第一原発事故の際にも利用される手法になってきた.

しかしながら, 医療放射線分野においては, 医療や放射線という不確実性を伴う事象を対象としていること, そしてステークホルダーとの間で, 医療や放射線についての概念の共有が難しいことも, その問題として存在している. また近年はインターネットの普及もあり, 多様な情報があふれる中で認知バイアスに基づくような誤解を持たれている方も少なくない.

医療現場はインフォームドコンセントに代表されるように, かつて行われていた「一般の人は専門家の考えを受容すべき」のようなパターナリズム的な説得コミュニケーションからの脱却が進んでおり, これに連動して医療放射線分野でもインフォームドコンセントやその不安に対するリスクコミュニケーションが積極的に行われるようになってきた. リスクコミュニケーションとは, 相手を説得したり屈服させることなく, 問題解決に向けてより良い解決法を模索し, 問題解決・行動変容を促す作業である.

文部科学省は, 「大学・研究機関, 学協会などの専門家集団は, リスクコミュニケーションという学術領域の探求のみならず, 実学としての社会的貢献を行うべく, 社会に足を踏み出して実践的な取組をしていくこと」, 「大学や学協会は, リスクコミュニケーションを職能として身につけ社会の様々な場面で活躍する人材を育成すること」と, リスクコミュニケーションの普及に関する大学や学会の使命についても言及している⁴⁵⁾.

7-2 生殖腺防護に関する相談事例

本学会にも一般の方から放射線被ばくに関する相談が多く持ち掛けられている. その中には, 医療現場で質問したが, その答えに納得していないことから学会に相談したというケースも少なからず存在している. 診療放射線技師の業務拡大⁴⁶⁾や令和2年の医療法施行規則改正に従い, 医療現場でも患者とのリスクコミュニケーションも業務の一環として時間をかけた丁寧な医療放射線に関する説明が求められている.

わが国では, 理科系科目による放射線の科学的な授業は最近まで行われておらず, 医療放射線に不安を持ち医療現場や本学会に相談に来る方の多くは, 必然的にインターネット, マスメディア, 書籍などが情報源になってくる. これらにおいて, 我が国では

未だ放射線リテラシーが進んでいないこともあってか、これらでの情報は玉石混交であり、これが患者やその家族の不安を増大させているように感じている。

以下に、本学会に寄せられた相談の事例をいくつか示す。

【事例1】女性

3歳の息子が、股関節のレントゲンを2回続けて撮影しました。その時、生殖器にプロテクターを装着していませんでした。

後日なにかの記事で、「股関節レントゲンの際は、生殖器にプロテクターを装着する」という文章を読み、愕然としています。幼児へのレントゲン撮影でしたので余計に不安です。

将来的に、不妊や癌などへの影響はありますか。とても心配です。よろしくお願いします。

【事例2】男性

3ヶ月になる娘が、乳児検診の際に股関節の硬さを指摘され、専門の医師に見せるようアドバイスを受けたため、整形外科に診てもらいました。整形外科での検査で、股関節のレントゲン写真を撮ったのですが、体への影響はないのでしょうか？

X線を股間に浴びると遺伝子異常を招く恐れがあると聞いた事があったので相談させて頂きました。的外れの質問をしてるかもしれませんが、小さい体ですしちょっと心配になりましたので相談させて頂きました。お忙しいところ恐縮ですが、宜しくお願いします。

【事例3】女性

1歳3ヶ月の女兒が骨盤から下の下肢をX線レントゲンで撮影することについて質問です（※プロテクターなしで撮影です。）。

不妊に関してプロテクター有と無しそれぞれ、どのくらい影響は違うのでしょうか。何倍違うという目安があるとわかりやすいのですが、自分だけでは文献が見つけれませんでした。ある文献では「次世代細胞の染色体異常や突然変異を誘発、遺伝傷害や発ガンに結びつく可能性が高い。そのため生殖機能に異常は起こらないような低線量被ばくの可能性にも十分な注意を払い、遮蔽によって生殖腺の放射線防護を徹底的に図る必要がある」と記載されていました。

プロテクターなしで撮影したことによって、卵巣が被ばくし孫の世代まで考えた場合かなり影響が出てしまったのではないかと不安です。孫世代への影響は、どのくらいあるのでしょうか。

【事例4】女性

妊娠15週で、胸部レントゲンを40歳以上の妊婦なので、病院の指示により撮影しました。医師からの指示で防護服着用してくださいと指示があったにもかかわらず、放射線技師から防護服着用の説明もなく胸部レントゲンを撮られました。妊婦確認ありませんでした。病院側に問い合わせると、防護服着用してもしなくても放射線の量は、微力で問題なしとしか回答はかえってきません。

医師が防護服着用する指示があるのに放射線技師が勝手な判断で防護服を着用しないと判断しているのでしょうか？法律違反になりませんか？防護服は、何の為にあるのでしょうか？妊婦とわかってない場合、胸部、腹部と放射線が当たってしまうのでしょうか？

妊娠15週と精神遅れが 影響を受ける時期に心配でなりません。もし、放射線技師が妊娠と失念していた場合、胸部、腹部にレントゲンが当たっていたら精神遅延、脳に影響をどのくらい受けますか？よろしくお願いします。

(以上、質問文は原文ママ)

これらから、生殖腺被ばくは、遺伝的影響や不妊を招く恐れがあるという認識は未だに根強いと感じる。また、事例4で示した通り、(特に放射線部門以外の)医療従事者との間での認識にも差があるように感じている。胎児被ばくについては、体表面への防護具の配置よりもX線照射野のコリメーションをしっかりと行い、体内から発生する散乱線を減らす努力をすることの方が被ばく低減に有効であることは論を待たないであろう。

7-3 生殖腺防護において懸念される問題

生殖腺防護の廃止に向けては、以下のような問題が考えられる。

- ・生殖腺被ばくは、遺伝子異常や不妊を招く恐れがあるという認識は未だに根強い。
- ・医療職種間には、放射線による被ばく、防護、影響について見解の不一致がかなりある。
- ・生殖腺防護を行わないという方針の説明、または広報などは、様々な形式や媒体で行うことが必要。
- ・患者や家族などが生殖腺防護具の使用を希望した時の対応やその技法をどうするか。

各医療従事者が行う医療放射線のリスクコミュニケーションは、時間差がありその状況も異なる。つまりX線検査を依頼する医師による説明は、診察時に行われることであり被ばく前のリスクコミュニケーションであるので、ALARA (as low as reasonably achievable) 原則に厳密に従う必要がある。それとは逆に診療放射線技師は、検査の実施が決定し検査室に来てから、または被ばく後の相談が多いのではないかと考える。このように患者に対応する状況がそれぞれ異なるので、リスクコミュニケーションの内容

や対応も当然異なってくる。例えば「100mSv未満では癌の有意な増加は認められていない」という話は、被ばく後の説明では用いることがあるが、検査の必要性を説明する診察時の医師の段階ではALARA原則に従うべきであるので、この説明はかなり慎重に用いる必要がある。また、看護師は全時期に横断的な関与あるであろうし、これら三者での医療放射線に対する認識や知識の差異から、患者へそれぞれで異なった説明がなされることは避けなければならない。

7-4 問題に対する対応の提言

今回の生殖腺防護については、放射線科医・診療放射線技師・看護師のような医療従事者間での共通理解とともに、リスクコミュニケーションもチームとして連携をもって行う必要がある。「症状の出現する時期、特に遅れて出現するか」「子どもへの影響があるかどうか」「遺伝的影響があるかどうか」などが、人々のリスクの理解について影響を与える要因であるとされている⁴⁷⁾。ある病院では生殖腺防護を行ってくれていたのにこの病院は行ってくれない、という不満が患者から出てくる可能性もある。患者やその家族からすれば、やってくれないよりもやってくれる方が良い医療が行われているように思えてしまうかもしれない。そのため全国で同じ医療が行えるよう、診療ガイドラインなどへの掲載も有効なのではないかと考える。

したがって、放射線診療の関係者または医療従事者だけの議論ではなく、生殖腺防護のメリットとデメリットを分かり易く、かつ一般の方の目に触れる場での情報提供も必要と考える。米国ではAAPMからのステートメント発出後にNew York Times³¹⁾やForbes³²⁾といった発行部数の多い一般紙や経済誌により記事としてこの件が取り上げられ、一般の方への情報普及が行われていた。我が国でもこのような積極的な広報戦略を考える必要があるかもしれない。

また全国のどの病院も共通でリスクコミュニケーションに利用できるようなFAQを作成することも、診療放射線技師が多く在籍する本学会の責務であるかもしれない。

8. 小児股関節撮影における生殖腺防護実施に対する本検討班の見解

本検討班では1950年代以降に得られた生殖腺被ばくの遺伝的影響に関する科学的根拠やX線撮影装置の性能向上に伴う撮影線量の低減、生殖腺防護の実施によって患者が受けるメリットやデメリットなどを検討した結果、わが国においても日常的に実施されている生殖腺防護を中止すべきであるとの結論に至った。

しかし患者が生殖腺防護の実施を強く求める場合、生殖腺防護実施によって患者が被るデメリットも含めた丁寧な説明を行って理解が得られ、検査に影響を与えないと判断される場合に限り生殖腺防護を行うことを推奨する。

これまで小児の股関節撮影の際に当たり前のように実施されていた生殖腺防護を、一朝一夕で中止することは非常に難しい。そのため生殖腺防護の中止を小児の画像診断に携わる医療者と患者・患者家族間だけの問題として捉えるだけでなく、広く国民に対して生殖腺防護の中止に係る情報提供や医療放射線被ばくに関するリスクコミュニケーションを実施するための体制作りが必要になると考える。

そのため本検討班は生殖腺防護の中止を説明する際の資料として、小児の生殖腺防護に関する良くある質問（FAQ）集を作製した。このFAQはAAPMのFAQ集⁴⁸⁾を参考に我が国の実情に合うよう加筆を行い、医療従事者向け11項目、患者向け6項目、保護者向け6項目の内容から構成されている。

このFAQ集は2022年6月7日から7月6日までWeb上で公開してパブリックコメントを募集し、39名の方々から真摯なご意見を頂戴した。ご意見を寄せていただいた皆様に深甚なる謝意を表す。

皆様から頂いたご意見を参考にFAQ集の加筆・修正を行い、本報告書と同様にJSRTのWebサイト、ならびにJSRT誌面上での公表を予定している。FAQ集の公表まで今しばらくお時間を頂戴できれば幸甚である。

参考文献

- 1) Jeukens CRLPN, Kütterer G, Kicken PJ, et al. Gonad shielding in pelvic radiography: modern optimised X-ray systems might allow its discontinuation. *Insights Imaging* 2020 Feb 7;11(1):15.
- 2) ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 103. *Ann ICRP* 2007: 37(2-4):1-332.
- 3) The British Institute of Radiology. Guidance on using shielding on patients for diagnostic radiology applications. Available at: https://www.bir.org.uk/media/414334/final_patient_shielding_guidance.pdf (Accessed 16 August 2022.)
- 4) American Association of Physicists in Medicine. AAPM position statement on the use of patient gonadal and fetal shielding. Available at: <https://www.aapm.org/org/policies/details.asp?id=468&type=PP> (Accessed 16 August 2022.)
- 5) NCRP . NCRP recommendations for ending routine gonadal shielding during abdominal and pelvic radiography. NCRP Statement No.13 2021. Available at: <https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/Statement13.pdf> (Accessed 16 August 2022.)
- 6) Marcuse W. Nachtrag zu dem Fall von Dermatitis und Alopecie nach Durchleuchtungsversuchen mit Röntgenstrahlen. *Dtsch Med Wochenschr* 1896; 22:481–483.
- 7) Williams FH. The roentgen rays in medicine and surgery. New York: The Macmillan Company, 1901.
- 8) Bullitt JB. Comparison of Röntgen-ray and surgical treatment of tuberculosis. *Trans Am Röntgen Ray Soc* 1905; (Fifth annual meeting, St Louis) :26–34.
- 9) Halberstaedter L. Die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf Ovarien. *Berl Klin Wochenschr* 1905; 42:64–66.
- 10) Bardeen CR. Abnormal development of toad ova fertilized by spermatozoa exposed to the Roentgen rays. *J Exp Zool* 1907;4:1–44.
- 11) Muller HJ. Artificial transmutation of the gene. *Science* 1927 Jul 22;66(1699):84–87.
- 12) Mavor JW. On the Elimination of the X-chromosome from the egg of *Drosophila melanogaster* by X-rays. *Science* 1921 Sep 23; 54 (1395) : 277–279.
- 13) ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Now known as ICRP Publication 1. New York. Pergamon Press, 1959.
- 14) UNSCEAR. General Assembly, Official Records. Thirteenth session. Supplement No17 (A3838). New York, 1958.

- 15) ICRP. Protection of the patient in X-ray diagnosis, ICRP Publication 16. Oxford: Pergamon Press, 1970.
- 16) ICRP. Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 26. Ann ICRP 1977; 1(3):1-53.
- 17) ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60. Ann ICRP 1991;21:1-3.
- 18) 浜田 信行, 藤淵 俊王, 石川 純也, 他. NCRP Statement No. 13「腹部・骨盤部単純X線撮影時の慣例的な生殖腺遮蔽の廃止に向けたNCRP勧告」とその付属文書, I 腹部・骨盤部単純X線撮影時の慣例的な生殖腺遮蔽の廃止に向けたNCRP勧告, Jpn. J. Health Phys 2021;56 (2):80-93.
- 19) Russell WL, Russell LB, Kelly EM. Radiation dose rate and mutation frequency. Science 1958 Dec 19;128(3338):1546-1550.
- 20) 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料(令和2年度版)「放射線の基礎知識と健康影響」環境省 放射線健康管理担当参事官室 Available at: <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r2kisoshiryo.html> (Accessed 16 August 2022.)
- 21) Jónsson H, Sulem P, Kehr B, et al. Parental influence on human germline de novo mutations in 1,548 trios from Iceland. Nature 2017 Sep 28;549(7673):519-522.
- 22) Satoh Y, Asakawa JI, Nishimura M, et al. Characteristics of induced mutations in offspring derived from irradiated mouse spermatogonia and mature oocytes. Sci Rep 2020 Jan 8;10(1):37.
- 23) Adewoye AB, Lindsay SJ, Dubrova YE, et al. The genome-wide effects of ionizing radiation on mutation induction in the mammalian germline. Nat Commun 2015 Mar 26;6:6684.
- 24) Yeager M, Machiela MJ, Kothiyal P, et al. Lack of transgenerational effects of ionizing radiation exposure from the Chernobyl accident. Science 2021 May 14; 372(6543):725-729.
- 25) Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services. 21 CFR Parts 1000, 1002, 1010, 1020, 1040, and 1050, Radiological health regulations; Amendments to records and reports for radiation emitting electronic products; Amendments to performance standards for diagnostic X-ray, laser and ultrasonic products. Fed. Regist 2019;84(62):12147-1264.
- 26) American Society of Radiologic Technologists; ASRT Board of Directors provides update on gonadal and fetal shielding position. Available at: <https://www.asrt.org/main/news-publications/news/article/2019/07/02/asrt-board-of-directors-provides-update-on-gonadal-and-fetal-shielding-position> (Accessed 16 August 2022.)

- 27) American Society of Radiologic Technologists; ASRT update on gonadal and fetal shielding. Available at: <https://www.asrt.org/main/news-publications/news/article/2021/01/15/asrt-update-on-gonadal-and-fetal-shielding> (Accessed 16 August 2022.)
- 28) NCRP; Companion to Statement No. 13—Implementation guidance for ending routine gonadal shielding during abdominal and pelvic radiography (2021). Available at: https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/Stat13_Companion_Comm.pdf (Accessed 16 August 2022.)
- 29) NCRP; NCRP gonadal shielding trifold flyer (2021). Available at: https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/NCRP_Gonadal_Shielding_Trifold.pdf (Accessed 16 August 2022.)
- 30) Frush, D. and Reid, J., X-ray shields going by the wayside: What you and your patients need to know. Available at: <https://publications.aap.org/aapnews/news/14974> (Accessed 16 August 2022.)
- 31) New York Times, That lead apron in the X-ray room? You may not need it. Jan. 14, 2020, Available at: <https://www.nytimes.com/2020/01/14/well/live/radiation-exposure-x-rays-scans-lead-apron.html> (Accessed 16 August 2022.)
- 32) Forbes, Why you should ditch that lead apron in the X-ray room, Jan 28, 2020, Available at: <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2020/01/28/ditch-that-lead-apron-in-the-x-ray-room/?sh=6cacb3793bd5> (Accessed 16 August 2022.)
- 33) The British Institute of Radiology, Patient shielding guidance, Guidance on using shielding on patients for diagnostic radiology applications. Executive summary. Available at: https://www.bir.org.uk/media/414589/patient_shielding_guidance_executive_summary.pdf (Accessed 16 August 2022.)
- 34) The British Institute of Radiology, X-rays and shielding: your guide to safety and success. Available at: https://www.bir.org.uk/media/427407/bir_patient_shielding_folded_a4_flyer_final.pdf (Accessed 16 August 2022.)
- 35) Australian Society of Medical Imaging and Radiation Therapy, Position statement, Gonad shielding. Available at: https://www.asmirt.org/asmirt_core/wp-content/uploads/2464.pdf (Accessed 16 August 2022.)
- 36) Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA) Codes and Standards. Fundamentals for Protection Against Ionising Radiation / Radiation

- Protection Series F-1. 2014. Available at: <https://www.arpana.gov.au/regulation-and-licensing/regulatory-publications/radiation-protection-series/fundamentals/rpsf-1> (Accessed 16 August 2022.)
- 37) Kosik RO, Quek ST, Kan E, et al. APQS consensus regarding patient shielding during routine radiographic imaging. Br. J. Radiol 2021 Jul 1;94(1123):20210252.
- 38) Canadian Association of Radiologists Position Statement Discontinuing the Use of Gonadal and Fetal Shielding for Patients. Available at: <https://car.ca/wp-content/uploads/2021/05/210518-CAR-Position-Statement-Gonadal-Shielding-e.pdf> (Accessed 16 August 2022.)
- 39) Thakur Y, Schofield SC, Bjarnason TA, et al. Discontinuing Gonadal and Fetal Shielding in X-Ray. Can. Assoc. Radiol. J. 72(4), 595-596, 2021.
- 40) 竹井 泰孝, 江口 佳孝, 川浦 稚代, 他. 放射線防護部会 小児股関節撮影における生殖腺防護検討班 小児股関節撮影における生殖腺防護の実態調査 結果報告, 日放技学誌 2021;77(10):1252-1254.
- 41) 藤淵 俊王, 松原 孝祐, 浜田 信行 NCRP Statement No. 13「腹部・骨盤部単純 X 線撮影時の慣例的な生殖腺遮蔽の廃止に向けた NCRP 勧告」とその付属文書:経緯と最近の関連動向, Jpn. J. Health Phys 2021;56 (3):107-115.
- 42) 上田克彦, 白石順二, 中村勝, 他. 生殖腺(性腺)防護について考える[前編]. 第 37 回日本診療放射線技師学会大会学会企画 1 (JART-JSRT 合同シンポジウム), 東京, 2021-11, 日本診療放射線技師会誌 2022;69 (3):47-57.
- 43) 藤田勝則, 鈴木成人. 小児股関節撮影における生殖腺防護板使用の現状. INNERVISION 2022;37 (1):43-45.
- 44) 木下富雄:リスク・コミュニケーション再考 ―統合的リスク・コミュニケーションの構築に向けて (1). 日本リスク研究学会誌 2008;8 (2):3-22.
- 45) 文部科学省:安全・安心科学技術及び社会連携委員会. リスクコミュニケーションの推進方策, 2014.
- 46) 厚生労働省伊勢局長通知:医療スタッフの協働・連携によるチーム医療の推進について(医政発 0430 第 1 号), 平成 22 年 4 月 30 日.
- 47) 草間朋子:「予想外」の原子力発電所の事故を通してリスクコミュニケーションの難しさを実感. 日本リスク研究学会 Newsletter 2011;24 (2).
- 48) American Association of Physicist in Medicine, Patient Gonadal and Fatal Shielding in Diagnostic Imaging Frequently Asked Questions. Available at: https://www.aapm.org/org/policies/documents/CARES_FAQs_Patient_Shielding.pdf (Accessed 16 August 2022)