

4. 妊娠・胎児・小児の防護

妊娠・胎児・小児の防護

ここでは、胎児、子供が受ける線量と放射線影響の関係、及び、胎児、子供の医療被ばくについて記す。

前者については、ICRP90: Biological Effects after Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus)及びICRP103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protectionを参照する。

後者については、ICRP84: Pregnancy and Medical Radiation, ICRP105: Radiological Protection in Medicine及びUNSCEAR 2008 Report vol. 1, Sources of ionizing radiation, Annex A: Medical radiation exposuresを参照する。

4.1. 胎児、子供が受ける線量と放射線影響の関係

一般に、胎児期、子供は、細胞分裂が活発に行われるため、放射線感受性が高いと考えられている。胎児期の確定的影響については、ICRP90において報告されている。2007年に勧告されたICRP103においても、ICRP90に基づいて、低LET放射線の約100mGy未満のより少ない線量における影響を以下のように結論づけている。

1. 致死的影响:

胚発生の着床前期(受精から10日)において、胚は照射の致死的影响に対して感受性をもつ。100mGyを下回る線量ではこの致死的影响は非常に稀であり、出生後に健康への有意なリスクが現れるとは考えにくい。

2. 先天性異常:

主要な器官形成期(妊娠3週目から8週目まで)に最大の感受性が現れる。動物データによると、この影響の誘発は100mGy前後に真の線量しきい値が存在すると判断される。

3. 精神遅延:

妊娠8週目から25週目までの期間、中枢神経系は特に放射線に対して感受性がある。知能指数の低下は100mGy以下の胎児線量では臨床的に確認することはできない。同じ妊娠期間中に1Gy程度の胎児線量を受けると、重度の精神遅滞を引き起こす確率が高くなる。この感受性は妊娠8週目から15週目までの期間で最も高く、妊娠16週目から25週目までの期間になると感受性は低くなる。

全固形がんでは、被ばく時の年齢が10年増加することにERRが17%減少する。しかし、これは部位によって異なり、例えば、乳房では年齢に依存せず、肺では被ばく時年齢が高いほどリスクが高いことが示唆されている。また、甲状腺は他の部位に比べERRの変化量が大きいことがわかる。

表1: 現行のがん罹患率に基づくERR(過剰相対リスク)モデルにおける係数(ICRP103)

Site	Sex	ERR per Gy at age 70 for exposure at age 30	Age at exposure: % change in ERR per decade increase	Power of attained age by which the ERR varies	F:M ratio	P* Consistency
All solid	M	0.35	-17%	-1.65	1.65	
	F	0.58				
Oesophagus	M	0.40	-17%	-1.65	1.65	>0.5
	F	0.65				
Stomach	M	0.23	-17%	-1.65	1.65	>0.5
	F	0.38				
Colon	M	0.68	-17%	-1.65	0.48	0.006
	F	0.33				
Liver	M	0.25	-17%	-1.65	1.65	>0.5
	F	0.40				
Lung	M	0.29	+17%	-1.65	4.77	0.09
	F	1.36				
Breast	F	0.87	0%	-2.26	-	0.37
Ovary	F	0.32	-17%	-1.65	-	>0.5
	F	0.67	-17%	-1.65	1.65	0.27
Bladder	M	1.10				
	F	1.10				
Thyroid	M	0.53	-56%	0.00	2.00	0.04
	F	1.05				
Other	M	0.22	-34%	-1.65	0.78	0.50
	F	0.17				

* P-values are for tests of the hypothesis that the age, age-at-exposure, and (where relevant) sex effects on the ERR describe the LSS data better than do those from a tissue-specific analysis. An exception arises for thyroid cancer in which case the P-value is for a test of the hypothesis that the model used in BEIR VII (NAS/NRC, 2006), which was based on results of the pooled analysis (Ron et al. 1995), adequately describes the current LSS data.

4.2. 胎児、子供の医療被ばく

先に述べたとおり、患者の医療被ばくは意図的なものであり、患者個人に直接的な便益が結びつく自発的なものである。

また、患者への線量を制限することは、患者の診断または治療の有効性を減じる可能性があるため、患者に対する線量拘束値は不適切である。

このため、医学的手法の正当化、及び医療目的とバランスのとれた防護の最適化が重要となる。患者または法的な保護者は、予期される便益だけではなく、潜在的リスクを含むインフォームドコンセントによりその医学的手法に同意あるいは承諾をする。

一方、患者の医療被ばくに対する最終責任は医師にあり、正当化及び最適化の原則について十分に理解する必要がある。

女性患者の場合、放射線を用いるすべての手法に先立って、妊娠しているかどうかを決定し、妊娠中の医療被ばくの可能性と胚/胎児に対する特別の考慮を必要とする。

妊娠している患者は、子宮内被ばくに起因する可能性のある潜在的な放射線影響について知る権利がある。

しかし、放射線診断で受ける線量は、「胎児、子供が受ける線量と放射線影響の関係」で述べたように、ある種の手法（例えば、放射性ヨウ素を用いた核医学診断）を除けば、**その手法を行わない母親へのリスクは、胚/胎児への潜在的な害のリスクより大きい。**

(参照: http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_A.pdf)

放射線治療に伴う高線量では、発育障害を生じる可能性がある。妊娠している患者の場合、骨盤から遠く離れたがんには、通常、放射線治療を行うことが可能である。

しかしながら、それには治療計画の作成に特別な配慮が必要である。骨盤内のがんは、胚／胎児に対して重篤あるいは致死的な結果なしに、妊娠中に放射線治療で適切に治療できることは稀である。

放射線被ばくによる妊娠中絶は、多くの要因に影響される個人の意思決定である。しかし、胚／胎児への**100mGy未満の吸収線量は、妊娠中絶の理由と考えるべきではない。**

このレベルを超える胚／胎児線量においては、胚／胎児への推定線量の大きさと、結果として生じる発育中の胚／胎児への重大な害のリスク、及び後の生涯におけるがんリスクを含む、個人の事情に基づいた、説明を受けた上での意思決定を行うことができるように、妊娠患者は十分な情報を受けるべきである。

医療被ばくの中で、CT検査時に患者が受ける線量は他の放射線検査時に受ける線量に比べ高い。これは、小児放射線検査についても同様である。そこで代表的な小児CT検査時の線量について記す。

図1に2006年放医研が調査を行った日本国内の小児と成人のCT検査の割合を示す。小児と成人では明らかに対象部位が異なり、小児では約7割が頭頸部の検査であることがわかる。

小児における頭部、胸部、腹部CT検査の患者の実効線量を表2に示す。
(UNSCEAR2008, Table:B17)

検査部位	頭部	胸部	腹部
様々な文献で示されている	1.3-2.3 (8 weeks) 1.5-2.0 (5-7 years)	1.9-5.1 (8 weeks) 3.1-7.9 (5-7 years)	6.1 (<10 years) 4.4 (11-18 years)
実効線量 [mSv]	7.6 6.0 (newborn) 4.9 (1 year) 4.0 (5 years) 2.8 (10 years) 1.7 (15 years) 2.5 (1 year) 1.5 (5 years) 1.6 (10 years) 3.6 (<1 year)	1.7 (newborn) 1.8 (1 year) 2.1 (5 years) 3.0 (10 years) 4.1 (15 years) 5.4 (18 years) 6.4 (8 weeks) 6.8 (7 years) 6.3 (<1 year) 3.6 (5 years) 3.9 (10 years)	4.4-9.3 (8 weeks) 9.2-14.1 (5-7 years) 5.3 (新生児) 4.2 (1 year) 3.7 (5 year) 3.7 (10 year)
	4	3	

ここで注意すべきは、以下の2点である。

- CT装置や撮影パラメータ(実効mAsや管電圧等)の違いにより、線量は数倍程度異なる。よって、同じ部位の測定でも施設間及び患者間で違いがある。
- 医療被ばくにおいては、ほとんどの場合、照射は局所的である。つまり、照射野内の臓器線量(等価線量)についての考慮がより重要である。例として、表3に測定を基にした頭部CT検査における6歳小児の臓器線量及び実効線量を示す。

表3: 頭部CT検査における6歳小児の臓器線量及び実効線量
(C. Yamauchi-Kawaura et al., "Radiation dose evaluation in head and neck MDCT examinations with a 6-year-old child anthropomorphic phantom," *Pediatr. Radiol.* 40 (2010), 1206-1214)

Examinations	Brain CT				Sinus CT				Inner ear CT				Neck CT			
	Mean	SD	%CV	75th perc.	Mean	SD	%CV	75th perc.	Mean	SD	%CV	75th perc.	Mean	SD	%CV	75th perc.
Organ dose (mGy)																
Brain	34.3	9.5	27.6	39.6	15.3	10.5	68.3	19.3	8.8	7.7	87.1	12.2	4.7	3.2	67.5	4.5
Lens	32.7	16.3	50.0	36.8	16.2	10.1	62.6	18.9	16.8	10.9	65.2	22.6	6.5	6.3	96.7	6.5
Salivary glands	8.3	5.7	68.5	8.2	13.3	9.4	70.5	17.6	7.1	6.3	88.0	11.8	14.2	10.3	73.1	17.7
Thyroid	1.8	0.7	41.1	2.0	1.6	1.1	71.9	2.1	1.0	0.6	61.9	1.6	17.2	11.7	67.8	22.7
Lung	0.6	0.2	34.9	0.7	0.3	0.2	69.7	0.5	0.3	0.2	50.9	0.4	5.5	6.4	116.2	4.7
Breast	0.3	0.1	42.8	0.4	0.2	0.1	65.4	0.3	0.1	0.1	55.1	0.2	4.8	8.4	173.7	3.5
Oesophagus	0.4	0.1	28.9	0.5	0.3	0.2	66.3	0.4	0.2	0.1	65.4	0.3	5.1	6.0	116.1	4.5
Liver	0.2	0.2	60.8	0.3	0.1	0.0	38.0	0.2	0.1	0.0	38.0	0.2	0.9	1.1	115.8	0.7
Stomach	0.2	0.1	76.8	0.1	0.1	0.0	33.1	0.1	0.1	0.0	33.1	0.1	0.3	0.3	121.7	0.3
Kidneys	0.2	0.2	103.3	0.2	0.1	0.0	38.0	0.2	0.1	0.1	37.4	0.2	0.3	0.4	118.8	0.3
Colon	0.2	0.2	105.6	0.2	0.1	0.0	33.1	0.1	0.1	0.1	57.7	0.1	0.1	0.1	58.8	0.1
Ovary	0.1	0.1	111.8	0.1	0.1	0.0	44.1	0.1	0.1	0.0	44.1	0.1	0.1	0.0	33.1	0.1
Bladder	0.2	0.3	143.8	0.2	0.1	0.1	60.4	0.2	0.1	0.1	60.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1
Testis	0.2	0.2	132.4	0.2	0.1	0.1	57.7	0.1	0.1	0.1	60.4	0.2	0.1	0.0	44.1	0.1
Bone surface	33.3	10.4	31.3	40.0	18.7	11.6	61.9	25.4	11.4	9.7	85.0	17.4	17.1	13.7	80.0	15.8
Red bone marrow	5.9	1.6	27.2	6.9	2.9	1.9	67.2	3.8	1.7	1.4	82.5	2.4	3.1	2.9	93.0	2.5
Skin	2.9	1.0	35.6	3.6	0.9	0.5	56.5	1.3	0.5	0.3	50.3	0.7	2.0	1.4	72.2	2.1
Other organ	1.1	0.6	56.6	1.2	1.5	1.0	67.7	2.0	0.9	0.7	76.3	1.4	4.4	3.3	76.1	4.7
Effective dose (mSv)																
ICRP Pub. 103	1.9	0.5	28.8	2.2	1.2	0.7	61.8	1.6	0.7	0.5	72.0	1.1	3.5	3.4	97.4	2.8
ICRP Pub. 60	1.6	0.5	28.5	1.9	0.9	0.5	61.3	1.1	0.6	0.4	69.4	0.8	2.8	2.6	91.9	2.3