

CQ4 妊娠中の放射線被曝の胎児への影響についての説明は？*Answer*

1. 被曝時期と胎児被曝線量の確認が重要であり、被曝時期は、最終月経のみでなく、超音波計測値や妊娠反応陽性時期などから慎重に決定し、説明する。(A)
2. 受精後 10 日までの被曝では奇形発生率の上昇はないと説明する。(B)
3. 受精後 11 日～妊娠 8 週での胎児被曝は奇形を発生する可能性があるが、50mGy 未満では奇形発生率を増加させないと説明する。(B)
4. 妊娠 10～27 週では中枢神経障害を起こす可能性があるが、100mGy 未満では影響しないと説明する。(B)
5. 10mGy の放射線被曝は、小児癌の発症頻度をわずかに上昇させるが、個人レベルでの発癌リスクは低いと説明する。(B)

▷ 解説

胎児に対する放射線の影響は、被曝時期と被曝線量に依存している。被曝時期は、最終月経のみでなく、超音波計測値や妊娠反応陽性時期などから慎重に決定する必要がある。表 1 に ICRP 84 に掲載されている検査別の胎児被曝線量を示すが¹⁾、機種等により、同じ検査であっても被曝線量が異なる場合があるので、それらを勘案して同一検査における平均被曝線量ならびに最大被曝線量が示されている。したがって、カウンセリングの際には最大被曝線量を基に行う必要がある。しかし、表 1¹⁾に示すように、実際問題としては、診断用放射線は、通常、50mGy 以下の線量であり、誤って放射線治療を受けた場合や原発事故など特殊な場合を除き、胎児への影響は小さいと考えられる。

妊娠中の放射線被曝では、1) 催奇形性と中枢神経障害、2) 発癌性、3) 遺伝的影響、が問題となる²⁾。順に解説する。

1) 催奇形性と中枢神経障害：ともに放射線による細胞死効果によって起こる。

・催奇形性：大量の放射線は受精卵を死亡させ流産を起こす可能性があるが、流産せずに生き残った胎芽は完全に修復されて奇形（形態異常）を残すことはない。これが“all or none”の法則である。この法則があてはまる時期については、受精後 10 日目までと³⁾、受精後 13 日目まで^{4)～6)}の説がある。本ガイドラインでは安全を見込んで「受精後 10 日」を採用した。受精後 10～13 日の間での被曝妊婦からの相談も多いが、診断目的での放射線被曝線量は、以下に述べる閾値（しきい線量）よりも相当小さいので、この時期の被曝による奇形が問題になるケースは少ない。受精後 14 日を過ぎた妊娠 4～8 週になると、器官形成期であり、奇形が発生する可能性のある時期である。この時期に 100mGy（閾値）以上の被曝を受けた場合、奇形発生率は上昇するとの報告があるが⁴⁾、100～500mGy の被曝でも奇形発生率は増加しないとする報告もある⁶⁾⁷⁾。さらに高線量の被曝（>1Gy）では胎児発育不全・小頭症・精神発育遅滞発生が報告されている⁸⁾。本ガイドラインでは、安全を見込み、また ACOG の推奨とも適合させて、「50mGy 未満は安全」との記載にした³⁾。

・中枢神経障害：妊娠 10～17 週の胎児中枢神経系は、細胞分裂が旺盛で、放射線被曝の影響を受けやすく、被曝は精神発育遅滞の頻度を増加させる可能性がある。この時期を過ぎた妊娠 18～27 週では

（表 1） 検査別の胎児被曝線量（英国でのデータ¹⁾）

検査方法	平均被曝線量 (mGy)	最大被曝線量 (mGy)
単純撮影		
頭部	0.01 以下	0.01 以下
胸部	0.01 以下	0.01 以下
腹部	1.4	4.2
腰椎	1.7	10
骨盤部	1.1	4
排泄性尿路造影	1.7	10
消化管造影		
上部消化管	1.1	5.8
下部消化管	6.8	24
CT 検査		
頭部	0.005 以下	0.005 以下
胸部	0.06	0.96
腹部	8.0	49
腰椎	2.4	8.6
骨盤部	25	79

中枢神経系の放射線への感受性は低下するが影響は多少残る。妊娠 10 週未満および妊娠 28 週以降の被曝は、中枢神経系に悪影響を与えない³⁾¹⁰⁾¹¹⁾。重症精神発育遅滞は、500mGy 以上の被曝で起こるとされ¹²⁾、その程度は、線量依存性であり、1Gy で 40% に、1.5Gy で 60% に重症精神発育遅滞が起こる³⁾。100mGy 以上の被曝で小頭症が増加したとの報告もある¹³⁾。放射線被曝は IQ 低下に関与するとされ、妊娠 10～17 週での 1Gy の被曝は IQ を 25～29 point 低下させるとの報告がある¹⁴⁾。IQ 低下に閾値が存在するかについての結論はでていないが、閾値は 100mGy 程度とされている⁴⁾。実際、100mGy 以下の低い線量では、被曝が妊娠のいずれの時期であっても、IQ 低下は確認されていない¹⁾。

通常の放射線診断で起こる被曝線量は 50mGy 以下である(表 1)。妊娠 2～24 週に 10～117mGy の被曝を受けた妊婦の前方視的検討でも、奇形や子宮内胎児死亡の発症は、一般頻度と同等であったと報告されている¹⁵⁾。米国放射線防衛委員会のレポート (NCRP Report No. 54) では、50mGy 以下の被曝による胎児奇形のリスクは無視できる範囲であるが、150mGy 以上では実際に増加するとしている¹⁶⁾。また、ACOG のガイドラインでも、50mGy 以下の被曝は胎児奇形や胎児死亡などの有害事象を惹き起こさないとしている⁹⁾。

2) 発癌性：胎児が放射線被曝を受けた場合、小児癌の発生頻度はわずかに上昇する³⁾。器官形成期から分娩時までいずれの時期の被曝であっても発癌効果は認められる。このうち妊娠後半期の被曝が最も発癌効果は高く¹⁷⁾、小児期被曝とほぼ同等である⁴⁾。成人に比べて小児の放射線による発癌感受性は高いので、妊娠後半期での胎内被曝は成人が被曝した場合よりも発癌リスクは高い。しかし、実際に問題となる小児白血病を含めた小児癌発症リスクは、個人レベルではほとんど問題にならない。具体的には、10mGy の胎児被曝は、相対リスクを 1.4 に上昇させ、癌の自然発生リスクを 40% 高めることになる。これは小児癌の自然発生頻度 0.2～0.3% を、0.3～0.4% に上昇させる程度である¹⁾。計算によると被曝なしの胎児が 20 歳までに癌にならない確率は 99.7% であるが、10mGy、100mGy の胎内被曝により、それぞれ 99.6%、99.1% となり、その個人が癌になる確率はごくわずかな上昇にとどまる。このように胎内被曝は小児癌の発生頻度を上昇させるが、個人レベルでの発癌リスクは極めて低いと考えられる¹⁾。放射線被曝による小児癌の発症を危惧する妊婦に対しては、上記の「癌にならない確率」を

例示するのも一法かもしれない。もっとも社会全体では被曝により発癌率が上昇するのは事実であり、不要な妊婦被曝を抑制する努力は必要である。

3) 遺伝的な影響：放射線が生殖細胞の DNA を損傷し、生殖細胞に遺伝子変異が起こり、その影響が次世代に及ぶ可能性がある。DNA 損傷リスクは、線量が増えると高まるが、損傷が起こる線量閾値は確認されていない。放射線被曝により自然発生する単一遺伝子病の頻度が 2 倍になるには、動物実験で 0.5~2.5Gy 必要との報告がある¹⁶⁾。また、1 万人が 10mGy を被曝した場合に、10~40 個の新しい遺伝子変異が起こるという報告もあるが¹⁹⁾、放射線被曝によるヒト遺伝子変異が不都合を起こした事例は確認されていない。

文 献

- 1) Pregnancy and medical radiation. Publication 84, Ann ICRP 2000; 30 (Committee report)
 - 2) Brent RL: The effect of embryonic and fetal exposure to X-ray, microwaves, and ultrasound: counseling the pregnant and nonpregnant patient about these risks. *Semin Oncol* 1989; 16: 347—368 (III)
 - 3) Hall EJ: Scientific view of low-level radiation risks. *Radiographics* 1991; 11: 509—518 (III)
 - 4) Streffer C, Shore R, Konermann G, et al.: Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). A report of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 2003; 33: 5—206 (Committee report)
 - 5) Jankowski C: Radiation and pregnancy. Putting the risks in proportion. *Am J Nurs* 1986; 86: 260—265 (III)
 - 6) De Santis M, Di Gianantonio E, Straface G, et al.: Ionizing radiations in pregnancy and teratogenesis: a review of literature. *Reprod Toxicol* 2005; 20: 323—329 (III)
 - 7) Brent RL: Utilization of developmental basic science principles in the evaluation of reproductive risks from pre- and postconception environmental radiation exposures. *Teratology* 1999; 59: 182—204 (III)
 - 8) Dekaban AS: Abnormalities in children exposed to X-radiation during various stages of gestation: tentative timetable of radiation injury to the human fetus. I. *J Nucl Med* 1968; 9: 471—477 (III)
 - 9) ACOG Committee on Obstetric Practice: ACOG Committee Opinion. Number 299, September 2004 (replaces No. 158, September 1995). Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy. *Obstet Gynecol* 2004; 104: 647—651 (Committee report)
 - 10) Schull WJ: Brain damage among individuals exposed prenatally to ionizing radiation: a 1993 review. *Stem Cells* 1997; 15: 129—133 (III)
 - 11) Yamazaki J, Schull W: Perinatal loss and neurological abnormalities among children of the atomic bomb. Nagasaki and Hiroshima revisited, 1949 to 1989. *JAMA* 1990; 264: 605—609 (II)
 - 12) Miller RW: Discussion: severe mental retardation and cancer among atomic bomb survivors exposed in utero. *Teratology* 1999; 59: 234—235 (III)
 - 13) Blot W, Miller R: Mental retardation following in utero exposure to the atomic bombs of Hiroshima and Nagasaki. *Radiology* 1973; 106: 617—619 (II)
-