



| | |
|--------------|---|
| Title | 診断用X線によるリスクの推定 第2報 X線診断による個人のリスク |
| Author(s) | 橋詰, 雅; 丸山, 隆司; 野田, 豊 他 |
| Citation | 日本医学放射線学会雑誌. 1981, 41(1), p. 59-70 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/15619 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

診断用 X 線によるリスクの推定

第2報 X線診断による個人のリスク

放射線医学総合研究所物理研究部

橋詰 雅 丸山 隆司 野田 豊 岩井 一男

臨床研究部

館野 之男

杏林大学医学部放射線医学教室

西沢かな枝

(昭和55年7月17日受付)

(昭和55年9月17日最終原稿受付)

Stochastic Risk Estimation from Medical X-ray Diagnostic Examinations

2. Risk Estimates of Individuals from X-ray Diagnosis

T. Hashizume*, T. Maruyama*, Y. Noda*, K. Iwai*,
K. Nishizawa*** and Y. Tateno**Division of Physics* and Clinical Research**, National Institute of Radiological Sciences,
9-1, Anagawa 4-chome Chiba-shi, 260 JapanDepartment of Radiology***, School of Medicine, Kyorin University, Shinkawa,
Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan

Research Code No.: 302

Key Words: X-ray diagnosis, Risk estimate, Medical exposure

The risks of genetic, leukemia and malignant diseases from medical X-ray diagnostic examinations were estimated using the frequency of radiographic and fluoroscopic exposures per diagnostic examination, child expectancy, leukemia and malignancy significant factors, and using a weighting factor determined on the basis of data concerning the cancer mortality among atomic bomb survivors in Nagasaki and of a recommendation of the International Commission on Radiological Protection. The organ or tissue doses with respect to the stochastic risks were determined with ionization chambers and thermoluminescent dosimeters placed at the positions of the organs or tissues in a RANDO woman phantom which was exposed to diagnostic X-rays according to technical factors of typical radiographic and fluoroscopic examinations obtained from a nationwide survey.

The resultant risks by age-group and type of radiographic and fluoroscopic examination are tabulated in terms of risk level of 10^{-6} . In general, the total risk defined as the sum of genetic, leukemia and malignant risks was a high value for the X-ray diagnosis of digestive organs involving barium meal and barium enema. For example, the total risk for young age-group was 100 to 200×10^{-6} .

for the X-ray diagnosis of digestive organs. The total risk from the chest radiography was lower value as compared with the risk from the X-ray diagnosis of other organs or tissues. On the contrary, the risk from the chest tomography was comparable to the risk from the diagnosis of digestive organs. The total risk decreased with increasing of age for every X-ray diagnostic examination.

1. 緒 言

X線診断による患者のリスクについては、国際放射線防護委員会 (ICRP) の勧告¹⁾による職業人の平均的リスク係数 (1レムあたり100万人あたりのリスク) と確率の影響に関係する臓器・組織について与えられている荷重係数を用いて試算した値を速報²⁾としてすでに報告した。しかし、その後、詳細に検討した結果、放射線によるがんのリスクは人種や年齢によってかなりの差異があることがわかった。

広島、長崎における被曝者について求められているがんによる超過死亡率の年次変化などのデータ³⁾を用いて、日本人の医療被曝および職業上の被曝によるリスクを推定するため、がんの有意因子⁴⁾やリスク係数⁵⁾について報告した。これらの2つの論文によって、リスクの推定が容易になると共に、ICRP-26¹⁾のデータを用いる場合に比べて、日本人により合致したりリスクの推定が期待できる。

本論文は前報⁶⁾のX線診断の実態調査結果をもとにし、前述の有意因子やリスク係数を用いて、X線診断における個人のリスクを推定するものである。リスクとしては遺伝的影響、白血病およびがんによる死亡が考えられるが、前者は被曝者から生まれた子孫100万人あたりの遺伝的影響を受ける人数、後者の2つは被曝者100万人あたり、白血病およびがんによって死亡する人数で表わされる。従って、前者と後者の2つとは本質的に異なったリスクである。しかし、遺伝的な致死的风险を受けた子供や孫 (2世代) を持った被曝者個人の苦痛は、本人の受けた白血病やがんの致死的风险と同等とみなせるほどに重い⁷⁾とされている。このように考え方に従い、ICRP⁸⁾では本質的に異なった3つのリスクを加算して、トータルリスクとしている。本論文でもトータルリス

クで個人のリスクを表わすことにする。

2. 線量推定方法

(i) 撮影・透視条件

前報⁶⁾に報告したように、X線診断の実態調査は診断用X線装置を有する医療施設をベッド数に応じて、A (300ベッド以上)、B (20~299ベッド) およびC (19ベッド以下) の3グループに分け、各グループから無作為に抽出した施設を対象として行った。調査に回答のあった施設からさらにAグループ62施設、Bグループ36施設およびCグループ49施設を選び、診断部位別に撮影・透視条件について回答を得た。各施設で行っている撮影・透視診断について、管電圧、管電流、照射野、焦点・フィルム間距離などの条件が部位別に平均的な値で報告された。これらの結果から得た成人に対する撮影・透視条件についての平均値と標準偏差を Table 1 に示す。これらの条件は施設によってかなりのバラツキをもつと共に、同一施設でも被検者によってバラツキをもつ。すべての条件について線量を測定することは困難であるので、Table 1 に示した平均的な条件で実験を行うこととした。使用されているX線は総濾過が Al で約 2.0mm であった。

(ii) 線量測定方法

診断用X線装置として、KXO-12 (東京芝浦電気製) を用い Table 1 の条件で RANDO 女性ファントム (Alderson 社製) の各部位にX線を照射し、問題とする臓器・組織の線量を測定した。測定には臓器・組織の大きさや線量のレベルを考慮して、甲状腺や乳房には 0.6cm³ の電離箱を、また肺、胃、卵巣などには 12cm³ および直腸や膀胱には 6cm³ の電離箱 (いずれも応用技研製) を用い、骨髄には MSO (化成オプトニクス製) 熱ルミネッセンス線量計を用いた。臓器・組織の位置は CT による人体横断面図⁹⁾を参考にして決

Table 1 Technical factors of X-ray diagnosis (Adult male)

| Type of examination | Radiography | | | Fluoroscopy | | |
|----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | Tube voltage kV | Exposure mAs | Focus-Film distance cm | Tube voltage kV | Tube current mA | Time min |
| 1. Head | 72±7 | 54±26 | 97±12 | — | | |
| 2. Cervical | 64±6 | 34±14 | 127±37 | — | | |
| 3. Shoulder | 60±6 | 20±8 | 100±8 | 66±4 | 0.7±0.4 | 4.7±2.9 |
| 4. Thorax | 63±9 | 43±26 | 89±26 | — | | |
| 5. Chest P-A Low | 69±11 | 15±7 | 186±19 | 67±6 | 0.7±0.3 | 2.9±1.8 |
| High | 120±11 | 15±7 | 193±23 | | | |
| Lateral Low | 83±3 | 34±21 | 178±47 | | | |
| High | 120±16 | 16±10 | 175±25 | | | |
| 6. Esophagus | 79±20 | 17±6 | 87±23 | 84±10 | 1.0±0.4 | 7.3±3.3 |
| 7. Barium meal | 84±19 | 22±8 | 87±23 | 84±10 | 1.1±0.4 | 8.3±3.4 |
| 8. Gall. | 76±19 | 61±46 | 96±17 | 84±11 | 1.2±0.4 | 3.9±3.1 |
| 9. Abdomen | 73±7 | 50±31 | 100±7 | | | |
| 10. Barium enema | 90±20 | 24±12 | 87±23 | 84±10 | 1.1±0.4 | 10±4 |
| 11. Dorsal spine P-A | 69±14 | 69±31 | 99±8 | | | |
| Lateral | 72±12 | 102±65 | 99±8 | | | |
| 12. Lumbar spine P-A | 71±22 | 83±36 | 99±8 | | | |
| Lateral | 83±12 | 140±65 | 99±8 | | | |
| 13. Pelvis | 68±7 | 61±34 | 104±17 | | | |
| 14. Urography | 71±8 | 62±23 | 104±17 | 82±16 | 1.1±0.7 | 3.9±2.6 |
| 15. Bladder | 71±6 | 49±23 | 100±10 | | | |
| 20. Hip joint | 67±7 | 56±33 | 105±15 | | | |
| 24. Angiography | 85±16 | 17±16 | 108±25 | | | |
| 25. Tomography | 70±7 | 45±30 | 99±10 | | | |

め、測定は臓器の中心で行った。赤色骨髄については、全重量を成人で 765g とし、従来用いてきた骨髄量分布¹⁰⁾に従い、左右対称になるように配置した40本の MSO 素子で測定した。子供については人骨入り子供ファントム（京都科学標本（株）製）を用い、すべての測定を MSO 熱ルミネッセンス線量計で行った。電離箱および熱ルミネッセンス線量計の校正は電子技術総合研究所で比較校正した広領域線量計（応用技研製）を用いて、Mix D_p ファントムの中で利用線維および散乱線について行った。照射線量を吸収線量に変換するには、ICRU の値¹¹⁾を用いた。

3. 臓器・組織線量

(i) 生殖腺線量, gD

ファントム実験で得た撮影のための照射1回あたりの生殖腺線量 (D/exp) ならびに透視1件あ

たりの生殖腺線量 (gD/flu) を Table 2 に示す。前報⁹⁾の実態調査によれば、X線診断1件あたりの撮影照射回数 exp/exam および透視件数 flu/exam は各部位について平均値が Table 2 のように与えられている。従って、診断1件あたりの生殖腺線量は (gD/exp) × (exp/exam) + (gD/flu) × (flu/exam) の積和で与えられる。これを Table 2 の total 欄に示した。診断1件あたりの枚数が多く、生殖腺が照射野に入ることもあるバリウム注腸が大きな生殖腺線量を与えている。Table 2 には CT 検査および間接撮影における線量も示してある。子供についても Table 2 と同様の結果を得ている。

(ii) 骨髄平均線量; mD

ファントム中の r 番目の赤色髄について測定した線量を d_r, それが代表する赤色髄重量¹⁰⁾を

Table 2 Gonadal doses per exposure and examination of X-ray diagnosis by type of examination (Adults)

| Sex | Male | | | | | | | Female | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| | Radiography | | | Fluoroscopy | | | Total ^g | Radiography | | | Fluoroscopy | | | Total ^g |
| | Exp./Exam. ^{a)} | D/Exp. ^{b)} | D/Exam. ^{c)} | Flu./Exam. ^{d)} | D/Flu. ^{e)} | D/Exam. ^{f)} | | Exp./Exam. ^{a)} | D/Exp. ^{b)} | D/Exam. ^{c)} | Flu./Exam. ^{d)} | D/Flu. ^{e)} | D/Exam. ^{f)} | |
| 1. Head | 3.2 | 0.03 | 0.1 | 0.0024 | 0.15 | — | 0.1 | 3.4 | 0.02 | 0.07 | 0.0065 | 0.1 | — | 0.07 |
| 2. Cervical | 3.7 | 0.02 | 0.07 | 0.012 | 0.12 | — | 0.07 | 3.7 | 0.01 | 0.04 | 0.0096 | 0.1 | — | 0.04 |
| 3. Shoulder | 1.7 | 0.01 | 0.02 | — | — | — | 0.02 | 1.7 | 0.01 | 0.02 | — | — | — | 0.02 |
| 4. Thorax | 2.0 | 0.01 | 0.02 | — | — | — | 0.02 | 1.9 | 0.08 | 0.15 | — | — | — | 0.15 |
| 5. Chest | 1.3 | 0.01 | 0.01 | 0.012 | 0.9 | 0.01 | 0.02 | 1.3 | 0.04 | 0.05 | 0.012 | 5.6 | 0.07 | 0.12 |
| 6. Esophagus | 3.1 | 0.02 | 0.02 | 0.82 | 2 | 1.6 | 1.7 | 3.0 | 0.06 | 0.18 | 0.85 | 5 | 4.25 | 4.4 |
| 7. Barium meal | 10.8 | 0.5 | 5.4 | 0.97 | 5 | 4.9 | 10.3 | 10.8 | 15 | 162 | 1.0 | 200 | 200 | 360 |
| 8. Gall. | 3.4 | 0.3 | 1.0 | 0.51 | 3 | 1.5 | 2.5 | 3.7 | 8.2 | 30.3 | 0.51 | 14 | 7.1 | 37 |
| 9. Abdomen | 2.2 | 8 | 17.5 | 0.05 | 120 | 6.0 | 23.6 | 1.8 | 40 | 72 | 0.018 | 750 | 13.5 | 85 |
| 10. Barium enema | 9.5 | 30 | 285 | 0.90 | 520 | 470 | 755 | 9.9 | 98 | 970 | 0.86 | 1700 | 1460 | 2430 |
| 11. Dorsal spine | 2.0 | 0.2 | 0.4 | — | — | — | — | 1.9 | 0.1 | 0.2 | — | — | — | 0.2 |
| 12. Lumbar spine | 2.9 | 3 | 8.7 | 0.013 | 32 | 0.42 | 9.1 | 3.0 | 54 | 162 | 0.011 | 580 | 6.4 | 168 |
| 13. Pelvis | 1.5 | 32 | 48 | 0.019 | 200 | 3.8 | 51.8 | 1.6 | 90 | 144 | — | — | — | 144 |
| 14. Urography | 3.7 | 3 | 11 | 0.12 | 60 | 7.2 | 18.2 | 3.8 | 52 | 198 | 0.056 | 112 | 6.3 | 204 |
| 15. Bladder | 1.7 | 150 | 255 | 0.04 | 240 | 9.6 | 265 | 1.7 | 50 | 85 | 0.05 | 760 | 38 | 123 |
| 16. Hystero. | | | | | | | | 2.2 | 95 | 210 | 0.60 | 480 | 290 | 500 |
| 17. Pelvimetry | | | | | | | | 1.7 | 120 | 204 | — | — | — | 204 |
| 18. Obstetric | | | | | | | | 1.1 | 100 | 110 | — | — | — | 110 |
| 19. Mammography | | | | | | | | 2.7 | 0.01 | 0.03 | — | — | — | 0.03 |
| 20. Hip joint | 1.4 | 190 | 270 | 0.03 | 1200 | 36 | 336 | 1.3 | 86 | 112 | 0.035 | 330 | 11.6 | 124 |
| 21. Femur | 2.1 | 30 | 63 | — | — | — | 63 | 2.3 | 8 | 18 | — | 50 | 12 | 30 |
| 22. Lower leg | 2.3 | 5 | 12 | 0.009 | 30 | 0.3 | 12.3 | 2.3 | 4 | 9.2 | 0.23 | 3 | 0.03 | 9.2 |
| 23. Myelography | 9.7 | 1 | 9.7 | 0.95 | 11 | 10.5 | 20.2 | 5.6 | 1.2 | 6.7 | 0.01 | 113 | 107 | 114 |
| 24. Angiography | 14 | 0.1 | 1.4 | 0.95 | 5.0 | 4.8 | 6.2 | 16 | 0.5 | 9.0 | 0.95 | 7 | 6.7 | 27 |
| 25. Tomography | 6.8 | 3 | 20 | — | — | — | 20 | 6.8 | 33 | 224 | — | — | — | 224 |
| 26. Hand | 1.4 | — | — | — | — | — | — | 2.4 | — | — | 0.95 | — | — | — |
| 27. Finger | 1.9 | — | — | — | — | — | — | 1.9 | — | — | — | — | — | — |
| 28. CT (Head) | 10.2 | 0.06 | 0.6 | — | — | — | 0.6 | 10.3 | 0.06 | 0.6 | — | — | — | 0.6 |
| 29. CT (Body) | 10.1 | 2.4 | 25 | — | — | — | 25 | 10.3 | 2.4 | 25 | — | — | — | 25 |
| Photofluorography Chest | 1 | 0.06 | 0.06 | — | — | — | 0.06 | 1 | 0.21 | 0.21 | — | — | — | 0.21 |
| Stomach | 5.8 | 0.96 | 5.6 | 1 | 1.8 | 1.8 | 7.4 | 5.8 | 14 | 81 | 1 | 25 | 25 | 106 |

* see Ref. 6, a) Exp./Exam. : The number of exposures per examination, b) D/Exp. : Dose in mrad per exposure, c) D/Exam. : Dose in mrad per examination, d) Flu./Exam. : The frequency of fluoroscopies per examination, e) D/Flu. : Dose in mrad per fluoroscopy, f) D/Exam. : Dose in mrad per examination, g) Total dose in mrad per examination.

Table 3 Bone marrow doses per exposure and examination of X-ray diagnosis by type of examination (Adult)

| Type of examination | Male | | | | | | | Female | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Radiography | | | Fluoroscopy | | | Totals ^{g)} | Radiography | | | Fluoroscopy | | | Totals ^{g)} |
| | Exp./Exam ^{a)} | D/Exp. ^{b)} | D/Exam. ^{c)} | Flu./Exam ^{d)} | D/Flu. ^{e)} | D/Exam. ^{f)} | | Exp./Exam ^{a)} | D/Exp. ^{b)} | D/Exam. ^{c)} | Flu./Exam ^{d)} | D/Flu. ^{e)} | D/Exam. ^{f)} | |
| 1. Head | 3.2 | 8 | 25.6 | 0.0024 | 95 | 0.23 | 26 | 3.4 | 7 | 24 | 0.0065 | 83 | 0.54 | 25 |
| 2. Cervical | 3.7 | 4 | 14.8 | 0.012 | 25 | 0.3 | 15 | 3.7 | 4 | 15 | 0.0096 | 22 | 0.21 | 15 |
| 3. Shoulder | 1.7 | 2 | 3.4 | — | — | — | 3.4 | 1.7 | 2 | 3.4 | — | — | — | 3.4 |
| 4. Thorax | 2.0 | 22 | 44 | — | — | — | 44 | 1.9 | 20 | 38 | — | — | — | 38 |
| 5. Chest | 1.3 | 5 | 6.5 | 0.012 | 165 | 2.0 | 8.5 | 1.3 | 5 | 6.5 | 0.012 | 155 | 1.9 | 8.4 |
| 6. Esophagus | 3.1 | 20 | 62 | 0.82 | 940 | 770 | 832 | 3.0 | 20 | 60 | 0.85 | 680 | 580 | 640 |
| 7. Barium meal | 10.8 | 26 | 281 | 0.97 | 550 | 534 | 815 | 10.8 | 26 | 280 | 0.99 | 495 | 480 | 760 |
| 8. Gall. | 3.4 | 20 | 68 | 0.51 | 80 | 41 | 109 | 3.7 | 20 | 74 | 0.51 | 80 | 41 | 115 |
| 9. Abdomen | 2.2 | 35 | 77 | 0.05 | 72 | 10.8 | 88 | 1.8 | 34 | 61 | 0.018 | 71 | 1.3 | 62 |
| 10. Barium enema | 9.5 | 36 | 342 | 0.90 | 1350 | 1215 | 1557 | 9.9 | 27 | 267 | 0.86 | 1190 | 1023 | 1290 |
| 11. Dorsal spine | 2.0 | 31 | 62 | — | — | — | 62 | 1.9 | 2.9 | 5.5 | — | — | — | 5.5 |
| 12. Lumbar spine | 2.9 | 14 | 40.6 | 0.013 | 280 | 3.6 | 44 | 3.0 | 14 | 42 | 0.011 | 270 | 3 | 45 |
| 13. Pelvis | 1.5 | 20 | 30 | 0.019 | 320 | 6.1 | 36 | 1.6 | 19 | 30 | 0.019 | 310 | 6 | 36 |
| 14. Urography | 3.7 | 16 | 59 | 0.12 | 260 | 31 | 90 | 3.8 | 16 | 61 | 0.056 | 260 | 14.6 | 76 |
| 15. Bladder | 1.7 | 20 | 34 | 0.04 | 280 | 11.2 | 45 | 1.7 | 23 | 39 | 0.04 | 300 | 12 | 51 |
| 16. Hystero. | | | | | | | | 2.2 | 9 | 20 | 0.60 | 410 | 246 | 266 |
| 17. Pelvimetry | | | | | | | | 1.7 | 50 | 85 | — | — | — | 85 |
| 18. Obstetric. | | | | | | | | 1.1 | 45 | 50 | — | — | — | 50 |
| 19. Mammography | | | | | | | | 2.7 | — | — | — | — | — | — |
| 20. Hip joint | 1.4 | 1.3 | 1.8 | 0.03 | 350 | 10.5 | 12 | 1.3 | 13 | 16.9 | 0.035 | 330 | 11.6 | 29 |
| 21. Femur | 2.1 | 2 | 4.2 | 0.21 | 20 | 4.2 | 8.4 | 2.3 | 2 | 4.6 | 0.23 | 20 | 4.6 | 9.2 |
| 22. Lower leg | 2.3 | — | — | 0.009 | — | — | — | 2.3 | — | — | 0.01 | — | — | — |
| 23. Myelography | 9.7 | 30 | 290 | 0.95 | 210 | 196 | 490 | 5.6 | 29 | 162 | 0.95 | 163 | 155 | 317 |
| 24. Angiographo | 14 | 15 | 210 | 0.95 | 1400 | 1330 | 1540 | 16 | 14 | 550 | 0.95 | 1250 | 1140 | 1690 |
| 25. Tomography | 6.8 | 10 | 68 | — | — | — | 68 | 6.8 | 9 | 61 | — | — | — | 61 |
| 26. Hand | 1.4 | — | — | — | — | — | — | 2.4 | — | — | — | — | — | — |
| 27. Finger | 1.9 | — | — | — | — | — | — | 1.9 | — | — | — | — | — | — |
| 28. CT (Head) | 10.2 | 24 | 245 | — | — | — | — | 10.3 | 24 | 247 | — | — | — | 247 |
| 29. CT (Body) | 10.1 | 39 | 394 | — | — | — | — | 10.3 | 39 | 402 | — | — | — | 402 |
| Photofluorography Chest | 1 | 33 | 33 | — | — | — | 33 | 1 | 31 | 31 | — | — | — | 31 |
| Stomach | 5.8 | 43 | 250 | 1 | 50 | 50 | 300 | 5.8 | 38 | 220 | 1 | 40 | 40 | 260 |

* see Ref. 6, a) Expr/Exam. : The number of exposures per examination, b) D/Exp. : Dose in mrad per exposure, c) D/Exam. : Dose in mrad per examination, d) Flu./Exam. : The frequency of fluoroscopies per examination, e) D/Flu. : Dose in mrad per fluoroscopy, f) D/Exam. : Dose in mrad per examination, g) Total : Total dose in mrad per examination.

m_r としたとき、全身の赤色髓で平均した平均骨髓線量 mD は次式で与えられる。

$$mD = \frac{1}{M} \sum_r d_r \cdot m_r \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 M は全身の赤色骨髄重量である。

平均骨髓線量 mD を診断部位ごとに測定した。

Table 3 に (1)式を用いて求めた撮影照射回数 1 回あたり、透視 1 件あたりの平均骨髓線量 mD/exp , $mD/flu.$ を示す。また、診断 1 件あたりの平均骨髓線量を total 欄に示す。

子供については手足まで赤色髓が分布するとし、その全重量を 328g として (1)式から算出した。

(iii) 実効線量 ; D

医療被曝のような局所被曝では、問題とする臓器・組織が利用線維で被曝するか、散乱線で被曝するかによって、それらの線量にはかなり大きな差異がある。しかも、前に報告⁵⁾したように、がんのリスク係数は臓器・組織の種類によって異なる。そこで、診断部位ごとにがんのリスクに関係する実効線量を知る必要がある。ある部位の撮影または透視によって受けた実効線量 D は次式によって与えられる。

$$D = \sum_T W_T D_T \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 D_T はがんのリスクに関する臓器・組織 T が撮影または透視によって受けた線量、 W_T は臓器・組織 T の照射によるがんのリスクのがんのリスク全体に対する割合で表わされる荷重係数⁵⁾で Table 4 に示す値である。がんのリスクに関する臓器・組織として、甲状腺、肺、胃、大腸、膀胱およびその他の泌尿系臓器(腎臓など)、その他の消化器(唾液腺、肝、胆のう、脾、直腸)、リンパ組織および白血病に関係しない造血組織、および女性の乳房を対象とした。Table 5 に代表的な診断部位についてファントム実験で得た成人男性に対する臓器・組織線量と女性の乳房線量を撮影照射回数 1 回あたりの値で示した。また、Table 4 を用いて、(2)式から計算した実効線量を撮影照射 1 回あたりおよび透視 1 件あたりの値で Table 5 に示した。

Table 4 Weighting factor for calculation of effective dose

| Organ or tissue | Weighting factor (W_T) |
|----------------------------|----------------------------|
| Lungs | 0.2 |
| Stomach | 0.3 |
| Large intestine | 0.06 |
| Other digestive organs | 0.14 |
| Bladder and Urinary organs | 0.08 |
| Lymphatic and hematopoetic | 0.08 |
| Thyroids | 0.02 |
| Breasts | (0.12) |
| Total | 1.00 |

Table 6 は Table 2 および Table 3 と同様に、診断 1 件あたりの撮影照射回数および透視件数、およびこれらの値と Table 5 の実効線量から求めた診断 1 件あたりの実効線量を示す。実効線量は撮影枚数の多い診断部位で高い値を示している。子供についても同様の結果を得た。

4. X線診断による個人のリスク

(i) 遺伝的影響のリスク

遺伝的影響のリスクはすでに報告⁵⁾したように個人については (3)式から算出できる。

$$gR_{jk} = gR \cdot gD_{jk} \cdot G_k \quad \dots\dots(3)$$

ここで、 gR は遺伝的影響のリスク係数で、 $10 \times 10^{-6} \cdot \text{rad}^{-1}$ 、 gD_{jk} は j タイプの X 線診断を受けた k 年齢層の人の生殖腺線量で 12 歳以上については Table 2 の値を用いることができる。 G_k は k 年齢層の人の相対子供期待率⁵⁾で、Table 7 に示してある。

j タイプの X 線診断を受けたとき、 k 年齢層の個人の遺伝的影響のリスクは $gR_{jk} (10^{-6})$ で与えられる。

代表的な X 線診断について、(3)式から求めた男性に対する遺伝的影響のリスクを Table 8 に示す。リスクはいずれも 10^9 人あたりで表わされているが、相対子供期待率が加齢と共に減少するため、若年層での診断によるリスクに比して高年齢層ほどリスクは小さくなる。12歳でバリウム注腸を受けた男性の遺伝的影響のリスクは約 18×10^{-6} となる。

Table 5 Organ or tissue dose and effective dose per exposure for typical X-ray diagnosis (in mrad)

| Organ or tissue | Male | | | | | | | | | Female | | |
|----------------------------|-------------|------|-------|------|------|-------|------|------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------------|
| | Radiography | | | | | | | | Fluorosc- copy | Radiography | | Fluorosc- copy |
| | Thy. | Lung | Stom. | LI | O.D. | Blad. | Lym. | $\Sigma D_T W_T$ | | Bleat | $\Sigma D_T W_T$ | |
| 1. Head | 4 | 2.8 | 0.02 | 0.02 | 15 | 0.03 | 12 | 4 | 57 | 0.8 | 3.5 | 54 |
| 2. Cervical | 80 | 30 | 0.31 | 0.01 | 0.2 | 0.02 | 3 | 8 | 94 | 0.06 | 7 | 90 |
| 3. Shoulder | 2.2 | 2.7 | 0.09 | 0.01 | 0.1 | 0.01 | 2 | 1 | — | 0.035 | 1 | — |
| 5. Chest(P-A) | 1 | 11 | 3.5 | 0.02 | 1.0 | 0.01 | 7 | 6 | 168 | 6.8 | 4.8 | 160 |
| (Lateral) | 7 | 36 | 9 | 0.05 | 3 | 0.03 | 15 | | | 40 | | |
| 6. Esophagus | 3.8 | 102 | 10 | 0.03 | 0.73 | 0.06 | 22 | 25 | 660 | 0.6 | 22 | 580 |
| 7. Barium meal | 0.3 | 17 | 50 | 3 | 51 | 5 | 23 | 29 | 850 | 1.0 | 25 | 740 |
| 8. Gall. | 0.17 | 1.1 | 37 | 6.3 | 63 | 4.9 | 12 | 26 | 340 | 0.2 | 23 | 300 |
| 9. Abdomen | 0.09 | 0.17 | 24 | 42 | 61 | 50 | 19 | 23 | 470 | 0.08 | 20 | 410 |
| 10. Barium enema | 0.04 | 0.63 | 19 | 150 | 23 | 40 | 39 | 23 | 680 | 0.015 | 20 | 650 |
| 12. Lumbar spine | 0.31 | 31 | 105 | 105 | 54 | 65 | 8 | 59 | 890 | 0.2 | 52 | 830 |
| 13. Pelvis | 0.08 | 0.17 | 68 | 131 | 38 | 51 | 10 | 37 | 560 | 0.04 | 32 | — |
| 14. Urography | 0.25 | 3.1 | 155 | 95 | 69 | 33 | 9 | 66 | 740 | 0.18 | 58 | 650 |
| 15. Bladder | 0.13 | 0.06 | 2.5 | 175 | 30 | 45 | 10 | 20 | 310 | 0.06 | 18 | 290 |
| 20. Hip joint | 0.14 | 0.1 | 10 | 110 | 9.6 | 49 | 7 | 16 | 210 | 0.03 | 14 | 190 |
| 24. Angiography | 11 | 40 | 12 | 0.1 | 5.5 | 0.04 | 8 | 13 | 1064 | 3.8 | 12 | 1010 |
| 25. Tomography | 0.2 | 240 | 177 | 0.7 | 65 | 0.3 | 40 | 113 | — | 520 | 160 | — |
| 28. CT (Head) | 26 | 3.7 | 0.3 | 0.17 | 40 | 0.1 | 26 | 4 | — | 3.4 | 11 | — |
| Photofluorography Chest | 5 | 94 | 15 | 6.8 | 10 | 1 | 33 | 28 | — | 45 | 31 | — |
| Stomach | 3 | 70 | 210 | 10 | 195 | 15 | 43 | 110 | 165 | 10 | 90 | 160 |

Thy : Thyroids, Stomach, LI : Large intestine (except for rectum), O.D. : Other digestive organs, Blad. : Bladder and other organs in the pelvic region, Lym. : Lymphatic and hematopoietic (except for bone marrow)

(ii) 白血病のリスク

j タイプのX線診断を受けた k 年齢層の個人の白血病のリスク, ${}_L R_{jk}$ は (4)式で求められる。

$${}_L R_{jk} = {}_1 R \cdot {}_m D_{jk} \cdot L_k \quad \dots\dots(4)$$

ここで, ${}_1 R$ は白血病のリスク係数で $20 \times 10^{-6} \text{ rad}^{-1}$ であり ${}_m D_{jk}$ は j タイプのX線診断を受けた k 年齢層の人の骨髄平均線量で, 12歳以上では Table 3 の値が用いられる。 L_k は k 年齢層の人の白血病有意因子で Table 7 に示してある。

代表的なX線診断について, 男性の場合の白血病のリスクを Table 9 に示す。単位はいずれも 10^6 人あたりである。平均寿命の長い若年層では高年齢層に比してリスクは大きい。

(iii) がんのリスク

j タイプのX線診断を受けた k 年齢層の個人

のがんのリスク, ${}_m R_{jk}$ は (5)式で求められる。

$${}_m R_{jk} = {}_m R \cdot {}_e D_{jk} \cdot M_k \quad \dots\dots(5)$$

ここで, ${}_m R$ はがんのリスク係数で $165 \times 10^{-6} \cdot \text{rad}^{-1}$ であり, ${}_e D_{jk}$ は j タイプのX線診断を受けた k 年齢層の人の実効線量で, 12歳以上では Table 4 の値が用いられる。 M_k は Table 7 に示した k 年齢層の人のがん有意因子である。代表的にX線診断について, 男性の場合のがんのリスクを Table 10 に示す。単位は 10^6 人あたりである。がんは白血病に比して潜伏期が長いとしてゐるため, がん有意因子は高年齢層で小さな値となり, 高年齢層でのリスクは小さくなる。

(iv) 個人のトータル・リスク

放射線によるトータル・リスクを遺伝的影響, 白血病およびがんのリスクの総和として, X線診

Table 6 Effective doses per exposure and examination of X-ray diagnosis by type of examination (Adult)

| Type of examination | Male | | | | | | | Female | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------|--|---------------------|
| | Radiography | | | Fluoroscopy | | | | Totals ^g | Radiography | | | Fluoroscopy | | | | Totals ^g |
| | Exp./Exam. ^{a)} | D/Exp. ^{b)} | D/Exam. ^{c)} | Flu./Exam. ^{d)} | D/Flu. ^{e)} | D/Exam. ^{f)} | Exp./Exam. ^{a)} | | D/Exp. ^{b)} | D/Exam. ^{c)} | Flu./Exam. ^{d)} | D/Flu. ^{e)} | D/Exam. ^{f)} | | | |
| 1. Head | 3.2 | 4 | 16 | 0.0024 | 57 | 0.14 | 16.1 | 3.4 | 3.5 | 12 | 0.0065 | 54 | 0.35 | 12 | | |
| 2. Cervical | 3.7 | 8 | 30 | 0.012 | 94 | 1.1 | 31 | 3.7 | 7 | 26 | 0.0096 | 90 | 0.86 | 27 | | |
| 3. Shoulder | 1.7 | 1 | 2 | — | — | — | 2 | 1.7 | 1 | 2 | — | — | — | 2 | | |
| 4. Thorax | 2.0 | 34 | 68 | — | — | — | 68 | 1.9 | 34 | 65 | — | — | — | 65 | | |
| 5. Chest | 1.3 | 6 | 8 | 0.012 | 168 | 2.1 | 10 | 1.3 | 4.8 | 6.2 | 0.012 | 160 | 1.9 | 8 | | |
| 6. Esophagus | 3.1 | 25 | 78 | 0.82 | 660 | 540 | 618 | 3.0 | 22 | 66 | 0.85 | 580 | 490 | 556 | | |
| 7. Barium meal | 10.8 | 29 | 313 | 0.97 | 850 | 825 | 1138 | 10.8 | 25 | 270 | 0.99 | 740 | 730 | 1000 | | |
| 8. Gall. | 3.4 | 26 | 88 | 0.51 | 340 | 173 | 261 | 3.7 | 23 | 85 | 0.51 | 300 | 153 | 238 | | |
| 9. Abdomen | 2.2 | 23 | 51 | 0.05 | 470 | 24 | 75 | 1.8 | 20 | 36 | 0.018 | 410 | 7.4 | 43 | | |
| 10. Barium enema | 9.5 | 23 | 219 | 0.90 | 680 | 610 | 830 | 9.9 | 20 | 200 | 0.86 | 650 | 560 | 760 | | |
| 11. Dorsal spine | 2.0 | 44 | 88 | — | — | — | 88 | 1.9 | 40 | 76 | — | — | — | 76 | | |
| 12. Lumbar spine | 2.9 | 59 | 171 | 0.013 | 890 | 12 | 183 | 3.0 | 52 | 156 | 0.011 | 830 | 9.1 | 165 | | |
| 13. Pelvis | 1.5 | 37 | 56 | 0.019 | 560 | 10.6 | 67 | 1.6 | 32 | 51 | — | — | — | 51 | | |
| 14. Urography | 3.7 | 66 | 244 | 0.12 | 740 | 89 | 332 | 3.8 | 58 | 220 | 0.056 | 650 | 36 | 256 | | |
| 15. Bladder | 1.7 | 20 | 34 | 0.04 | 310 | 12.4 | 46 | 1.7 | 18 | 31 | 0.04 | 290 | 12 | 43 | | |
| 16. Hystero. | | | | | | | | 2.2 | 28 | 62 | 0.60 | 430 | 258 | 320 | | |
| 17. Pelvimetry | | | | | | | | 1.7 | 48 | 82 | — | — | — | 82 | | |
| 18. Obstetric | | | | | | | | 1.1 | 46 | 51 | — | — | — | 51 | | |
| 19. Mammography | | | | | | | | 2.7 | 7.4 | 20 | — | — | — | 20 | | |
| 20. Hip joint | 1.4 | 16 | 22 | 0.03 | 210 | 6.3 | 28 | 1.3 | 14 | 18 | 0.035 | 190 | 6.7 | 25 | | |
| 21. Femur | 2.1 | 2 | 4.2 | 0.21 | 30 | 6.3 | 11 | 2.3 | 2 | 4.6 | 0.23 | 30 | 7 | 12 | | |
| 22. Lower leg | 2.3 | 0.4 | 0.9 | 0.009 | 12 | 0.11 | 1 | 2.3 | 0.4 | 0.9 | 0.01 | 12 | 0.12 | 1.0 | | |
| 23. Myelography | 9.7 | 56 | 543 | 0.95 | 1100 | 1045 | 1588 | 5.6 | 53 | 297 | 0.95 | 1050 | 998 | 1300 | | |
| 24. Angiography | 14 | 13 | 182 | 0.95 | 1120 | 1064 | 1246 | 16 | 12 | 470 | 0.95 | 1010 | 960 | 1430 | | |
| 25. Tomography | 6.8 | 112 | 760 | — | — | — | 952 | 6.8 | 160 | 1090 | — | — | — | 1090 | | |
| 26. Hand | 1.4 | — | — | — | — | — | — | 2.4 | — | — | — | — | — | — | | |
| 27. Finger | 1.9 | — | — | — | — | — | — | 1.9 | — | — | — | — | — | — | | |
| 28. CT (Head) | 10.2 | 10 | 102 | — | — | — | 102 | 10.3 | 11 | 113 | — | — | — | 113 | | |
| 29. CT (Body) | 10.1 | 34 | 343 | — | — | — | 343 | 10.3 | 34 | 350 | — | — | — | 350 | | |
| Photofluorography Chest | 1 | 28 | 28 | — | — | — | 28 | 1 | 31 | 31 | — | — | — | 31 | | |
| Stomach | 5.8 | 110 | 640 | 1 | 165 | 165 | 805 | 5.8 | 105 | 610 | 1 | 160 | 160 | 770 | | |

* see Ref. 6, a) Exp./Exam. : The number of exposures per examination, b) D/Exp. : Dose in mrad per exposure, c) D/Exam. : Dose in mrad per examination, d) Flu./Exam. : The frequency of fluoroscopies per examination, e) D/Flu. : Dose in mrad per fluoroscopy, f) D/Exam. : Dose in mrad per examination, g) Total dose in mrad per examination.

Table 7 Significant factors

| Age | Relative child expectancy | | Leukemia significant factor | | Malignancy Significant Factor | |
|-------|---------------------------|--------|-----------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| | Male | Female | Male | Female | Male | Female |
| 0—4 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.93 | 0.94 |
| 5—9 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.91 | 0.93 |
| 10—14 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.87 | 0.91 |
| 15—19 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.80 | 0.87 |
| 20—24 | 0.97 | 0.92 | 0.98 | 0.99 | 0.74 | 0.82 |
| 25—29 | 0.72 | 0.47 | 0.98 | 0.98 | 0.65 | 0.74 |
| 30—34 | 0.34 | 0.12 | 0.97 | 0.98 | 0.54 | 0.65 |
| 35—39 | 0.092 | 0.007 | 0.95 | 0.97 | 0.45 | 0.54 |
| 40—44 | 0.019 | 0.003 | 0.93 | 0.95 | 0.34 | 0.45 |
| 45—49 | 0.0045 | 0.0001 | 0.90 | 0.93 | 0.26 | 0.34 |
| 50—54 | 0.0015 | — | 0.87 | 0.90 | 0.18 | 0.26 |
| 55—59 | 0.0007 | — | 0.80 | 0.87 | 0.10 | 0.18 |
| 60—64 | 0.0001 | — | 0.69 | 0.80 | 0.05 | 0.10 |
| 65—69 | — | — | 0.56 | 0.69 | 0.02 | 0.05 |
| 70—74 | — | — | 0.38 | 0.56 | 0.004 | 0.02 |
| 75— | — | — | 0.23 | 0.38 | — | 0.004 |

Table 8 Genetic risk by type of examination (10^{-9}) for typical X-ray examinations of male.

| Examination \ Age | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-----|
| 1. Head | 10 | 9.7 | 3.4 | 0.2 | 0.02 | — |
| 5. Chest | 1.2 | 1.2 | 0.4 | 0.02 | 0.002 | — |
| 7. Barium meal | 1030 | 999 | 350 | 20 | 1.6 | 0.1 |
| 10. Barium enema | 75500 | 73250 | 25670 | 1434 | 113 | 7 |
| 12. Lumbar spine | 910 | 902 | 316 | 18 | 1.4 | 0.1 |
| Photofluorography (Stomach) | 740 | 718 | 252 | 14 | 1.1 | 0.1 |

Table 9 Leukemic risk by type of examination (10^{-6}) for typical X-ray examination of male.

| Examination \ Age | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. Head | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.48 | 0.45 | 0.36 |
| 5. Chest | 0.168 | 0.167 | 0.165 | 0.158 | 0.148 | 0.117 |
| 7. Barium meal | 16.1 | 16.0 | 15.8 | 15.1 | 14.2 | 11.3 |
| 10. Barium enema | 30.9 | 30.6 | 30.3 | 29.0 | 27.0 | 21.5 |
| 12. Lumbar spine | 0.88 | 0.86 | 0.85 | 0.82 | 0.77 | 0.61 |
| Photofluorography (Stomach) | 5.9 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.2 | 4.1 |

Table 10 Malignant risk by type of examination (10^{-6}) for typical X-ray examinations of male

| Examination \ Age | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Head | 2.17 | 1.85 | 1.35 | 0.85 | 0.45 | 0.13 |
| Chest | 1.32 | 1.13 | 0.82 | 0.52 | 0.27 | 0.08 |
| Barium meal | 153 | 130 | 95 | 60 | 32 | 8.8 |
| Barium enema | 133 | 115 | 77 | 46 | 24 | 6.6 |
| Lumbar spine | 25 | 21 | 16 | 9.8 | 5.1 | 1.4 |
| Photofluorography (Stomach) | 109 | 93 | 68 | 43 | 22 | 6.3 |

Table 11 Total risk from X-ray diagnosis by type of examination and age (10^{-6})

| type of examination | Age | Male | | | | | | Female | | | | | |
|----------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
| | | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 |
| 1. Head | | 2.7 | 2.4 | 1.9 | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 2.9 | 2.7 | 2.2 | 1.7 | 1.1 | 0.7 |
| 2. Cervical | | 4.3 | 3.7 | 2.8 | 1.9 | 1.3 | 0.4 | 4.3 | 3.9 | 3.2 | 2.3 | 1.5 | 0.8 |
| 3. Shoulder | | 0.43 | 0.38 | 0.30 | 0.20 | 0.13 | 0.07 | 0.23 | 0.22 | 0.18 | 0.14 | 0.11 | 0.07 |
| 4. Thorax | | 10.1 | 8.7 | 6.5 | 3.4 | 2.8 | 0.80 | 10.0 | 9.1 | 7.3 | 5.2 | 3.3 | 1.6 |
| 5. Chest | | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 0.40 | 0.20 | 1.6 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 0.5 | 0.3 |
| 6. Esophagus | | 100 | 88 | 68 | 48 | 32 | 16.0 | 95 | 87 | 69 | 51 | 34 | 19.0 |
| 7. Barium meal | | 169 | 166 | 110 | 75 | 46 | 20 | 193 | 176 | 121 | 85 | 44 | 28 |
| 8. Gall. | | 10.5 | 9.3 | 7.3 | 5.2 | 3.6 | 2.3 | 39 | 35 | 26 | 19 | 12.0 | 6.0 |
| 9. Abdomen | | 13.2 | 11.6 | 8.5 | 5.7 | 3.7 | 1.8 | 7.3 | 6.7 | 5.6 | 4.2 | 2.9 | 1.7 |
| 10. Barium enema | | 239 | 219 | 133 | 76 | 51 | 28 | 375 | 346 | 131 | 78 | 54 | 32 |
| 11. Dorsal spine | | 13.0 | 11.4 | 8.6 | 5.8 | 3.6 | 1.9 | 11.0 | 10.0 | 7.8 | 5.4 | 3.2 | 1.3 |
| 12. Lumbar spine | | 26 | 22 | 16.0 | 10.0 | 5.9 | 2.0 | 44 | 40 | 20 | 12 | 7.5 | 3.3 |
| 13. Pelvis | | 47 | 45 | 19 | 4.9 | 3.5 | 1.3 | 22 | 20 | 7.6 | 4.3 | 2.7 | 1.4 |
| 14. Urography | | 48 | 41 | 30 | 20 | 11.0 | 3.8 | 54 | 49 | 30 | 20 | 12.0 | 5.3 |
| 15. Bladder | | 28 | 27 | 12 | 3.8 | 2.1 | 1.1 | 6.9 | 6.3 | 5.2 | 3.9 | 2.6 | 1.5 |
| 16. Hystero. | | | | | | | | 100 | 55 | 44 | 28 | 18.0 | 5.2 |
| 17. Pelvimetry | | | | | | | | 34 | 31 | 12 | 7.0 | 4.8 | 2.6 |
| 18. Obstetric | | | | | | | | 18.9 | 17.5 | 7.4 | 4.5 | 3.0 | 1.6 |
| 19. Mammography | | | | | | | | 18.2 | 16.4 | 13.0 | 9.0 | 5.2 | 2.0 |
| 20. Hip joint | | 44 | 43 | 16 | 2.5 | 1.1 | 0.38 | 17.0 | 15.0 | 4.1 | 2.7 | 1.5 | 0.8 |
| 21. Femus | | 7.1 | 6.8 | 2.7 | 0.58 | 0.33 | 0.20 | 2.7 | 2.5 | 0.90 | 0.52 | 0.36 | 0.22 |
| 22. Lower leg | | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | 1.6 | 1.4 | 0.60 | 0.40 | 0.20 | 0.07 |
| 23. Myelography | | 187 | 161 | 119 | 78 | 45 | 16.9 | 242 | 218 | 167 | 117 | 70 | 30 |
| 24. Angiography | | 227 | 198 | 153 | 80 | 44 | 34 | 209 | 191 | 156 | 116 | 78 | 44 |
| 25. Tomography | | 130 | 111 | 81 | 51 | 27 | 8.3 | 139 | 126 | 86 | 51 | 27 | 14.0 |
| 28. CT (Head) | | 20 | 17.8 | 14.2 | 10.5 | 7.4 | 4.3 | 18.7 | 17.8 | 15.1 | 11.8 | 5.0 | 5.5 |
| 29. CT (Body) | | 58 | 50 | 38 | 26 | 16.7 | 8.2 | 59 | 54 | 43 | 32 | 21 | 11.7 |
| Photofluorography Chest | | 4.2 | 3.7 | 2.9 | 2.0 | 1.3 | 0.7 | 5.1 | 4.7 | 3.8 | 2.8 | 1.9 | |
| Stomach | | 105 | 99 | 74 | 49 | 27 | 10 | 113 | 103 | 83 | 59 | 36 | 14 |

断のタイプ別に算出した。その結果を Table 11 に示す。単位はいずれも 10^6 あたりで示してある。また、() 内は女性に対する値を示している。

Table 11 にはX線診断によるトータル・リスクを性別に12歳から62歳まで10歳ごとに示した。

トータル・リスクは遺伝、白血病およびがんのリスクが競合したものである。トータル・リスクに占める3つのリスクの割合をヒストグラムで示すと Fig. 1 の如なる。図には年齢別に4つの主な診断部位について示してある。全般的に胸部診断では、がんのリスクが大きな割合を占めている

が、バリウム注腸では遺伝的リスクが若年層でかなりの割合を占め、特に女性の場合には50%以上にもなる。

若年層の股関節診断では、トータル・リスクの90%程度が遺伝的リスクである。

5. 考 察

(i) X線診断による個人のリスクについては、これまで集団の中で論じられており、医療被曝の正当化と最適化を考える場合にも遺伝有意線量や平均骨髄線量など国民線量、あるいは集団線量 (collective dose) が用いられてきた。これら

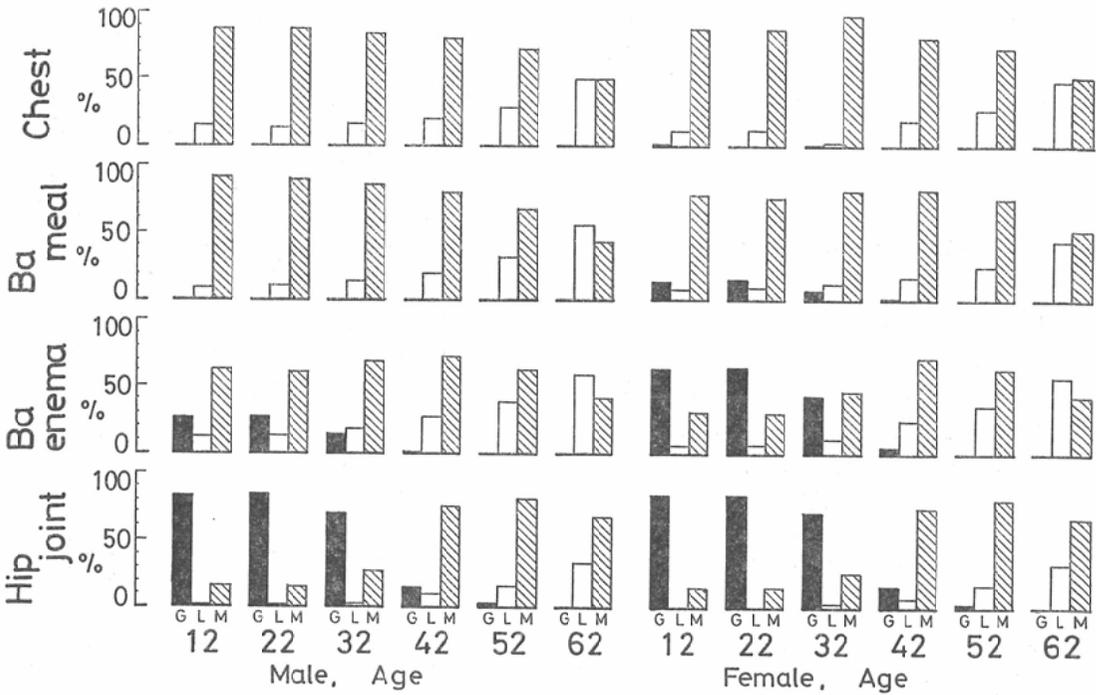


Fig. 1 Contribution of genetic, leukemic and malignant risk to total risk by age and sex for typical X-ray diagnosis. In this figure, G represents the genetic risk, and L and M represents the leukemic and the malignant risk, respectively.

の線量では個人のリスクを表わすことは困難であった。本論文では遺伝的影響のリスクはICRPのリスク係数⁷⁾を用い、白血病とがんのリスクは長崎の原爆被爆者のデータから推定したリスク係数⁹⁾を用いて、X線診断による個人のリスクの推定を試みた。

(ii) 撮影枚数の多い脊椎造影や心血管造影によるリスクは大きいですが、件数が少ないので、これらを除外して考えると、食道、胃腸など消化器系の造影検査が最も大きなリスクを示している。胸部断層撮影によるリスクも大きな値となっている。女性の若年層で、バリウム注腸によるリスクが 400×10^{-6} のオーダーであるがこれは遺伝的影響のリスクが大きいことに由来している。62歳でも 30×10^{-6} 以上のリスクがあるが、これは白血病のリスクが大部分を占めているためである。胸部撮影によるリスクは22歳の男性では 1.3×10^{-6} であるが、胸部間接撮影によりリスクは約3倍の

3.7×10^{-6} である。CTによるリスクは22歳では頭部で約 18×10^{-6} 、体幹部で約 50×10^{-6} である。

(iii) 3つのリスクのうち、遺伝的影響のリスクは全般的に小さいが、40歳以下の人々の下腹部診断ではトータル・リスクに占める割合が大きいので、生殖腺の被曝を下げるように注意する必要がある。

(iv) トータル・リスクを年齢的にみると、遺伝的影響のリスクが大きい10代を1としたとき、20代では約4/5、30代で約2/3とわずかずつリスクは減少するが、40代では約1/2、50代では約1/4、部位によっては1/10となり、60代ではリスクを考えなくてよい程度に減少している。

6. 結 論

(1) 遺伝的影響のリスクは若年層の下腹部のX線診断を除けば比較的小きな値であるが、がんのリスクは全般的に大きく、高齢層では白血病のリスクががんのリスクと競合している。

(2) トータル・リスクを診断部位別にみると、脊髓造影や心血管造影を除いて、消化器系の造影検査によるリスクが一般に高く、若年層ではこの検査1件あたり $100\sim 200\times 10^{-6}$ のリスクとなる。

(3) 胸部診断によるリスクは小さいが、胸部断層撮影では消化器系の検査に匹敵する高いリスクとなる。

(4) 50代の人のトータル・リスクは20代の人のリスクの約1/2、50代では1/4～1/10となり、60代ではリスクを考えなくてよい程度に減少する。

(本研究の一部は昭和55年5月の日本医学放射線学会総会における宿題報告で発表された。)

参考文献

- 1) ICRP: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 26, Pergamon Press, Oxford, 1977.
- 2) 橋詰 雅, 丸山隆司: X線診断によるリスクの推定. 日本医放会誌, 39: 170—173, 1979
- 3) Kato, H. and Schull, G.J.: Life Span Study. Report 9, Cancer Mortality Among Atomic Bomb Survivors, 1950—1979, Technical Report RERF TR 1980
- 4) 橋詰 雅, 丸山隆司, 館野之男: がん有意因子について, 日本医放会誌, 40, 815—822, 1980.
- 5) 橋詰 雅, 丸山隆司: 医療被曝のリスク推定方法について. 日本医放会誌, 40, 1176—1187, 1980.
- 6) 橋詰 雅, 丸山隆司, 野田 豊, 福久健二郎: 診断用X線によるリスクの推定, 第1報, 撮像回数, 診断件数および視視件数について. 日本医放会誌, 40, 885—897, 1980.
- 7) Pochin, E. E.: The need to estimate risks. Phys. Med. Biol., 25: 1—12, 1980
- 8) ICRP: Problems of developing an Index of Harm, Publication 27, Pergamon Press, Oxford, 1977
- 9) Gambarelli, J., Guerinel, G., Chevrot, L. and Mattei, M.: Computerized Axial Tomography (Springer Verlag, Berlin-Heidelberg), 1977.
- 10) 橋詰 雅, 丸山隆司, 隈元芳一: 診断用X線による国民線量の推定, 第3報. 骨髓線量と白血病有意線量. 日本医放会誌, 36: 216—224, 1976
- 11) ICRU Report 23: Measurement of absorbed dose in a phantom irradiated by a single beam of X- or gamma-rays, International Commission on radiation units and measurements, Washington, D.C., 1973