

Title	医療被曝の解析
Author(s)	北島, 隆
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1975, 35(4), p. 228-242
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20571
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

宿題報告

医療被曝の解析

新潟大学医学部放射線医学教室

北 晶 隆

Epidemiological Study on Patient Exposure to Medical Radiation

By

Takashi Kitabatake

Department of Radiology, Niigata University School of Medicine, Niigata, Japan

Research Code No.: 302, 303, 409, 500, 600

Key Words: Medical exposure, benefits and risks, Protection of patient, Leukemogenesis, retrospective survey, Clinical judgement and X-ray indication, Radiotherapy for benign diseases

1. Epidemiological survey on detection of radiation risks: In a retrospective study on medical irradiation and leukemia, leukemia patients have more frequent histories of fluoroscopic examination than controls, which may indicate that frequent fluoroscopic examination is related to late induction of leukemia. However there is no evidence of an increase of chest malignancies among patients with pulmonary tuberculosis treated by repeated artificial pneumothorax.

2. Risk estimation in X-ray mass survey: Radiation risks in stomach mass X-ray survey in Japan of 1970 were estimated as 8.8% of benefits obtained this year. This risk rate could be reduced to 0.4%, if several factors on mass survey including technical problems would be improved. In chest mass survey for pulmonary tuberculosis, the risk rate was calculated to be 1.9% of benefits.

3. Factors related to patient dose: Of factors related to patient dose, beam limiting mechanism of X-ray TV set, benefit rate of health insurance, attention to radiation protection in general physicians, actual X-ray work of practitioners offices, popularization of supervoltage radiography of the chest, and retake rate of X-ray films were studied. In patients jointed to a high-benefit health insurance, X-ray examination tends to be more frequent than in patients jointed to a low-benefit health insurance.

4. Clinical judgement and indication of X-ray examination: Patient dose is appreciably influenced by a clinical judgement whether X-ray examination requested is really necessary or not for the patient. About 2,000 cases requested for GI tract X-ray examination were carefully reviewed. In 10% of these patients, no necessity of X-ray was recognized.

5. Abdominal X-ray study in childbearing age women: Only near a half of female patients in childbearing age was checked for menstrual cycle at the time of X-ray study. Females of 20 to 29 years old with hyperemesis may be requested for GI X-ray examination.

6. Irradiation of fetus: Radiodiagnostic histories during pregnancy were surveyed in 1,485 pregnant women. Of these, 22% were X-rayed in any time of the entire gestation period. The

fetus was irradiated with radiation of 61 mrad in an average, which correspond to radiation dose inducing 19.5 excess leukemias among children until 10 years old.

7. Radiotherapy for benign diseases: Proportion of radiotherapy for benign diseases in Japan has gradually decreased. At present, about 10% of patients in radiotherapy department have a benign disease. The genetically significant dose contributed from radiotherapy for benign diseases is estimated to be 0.49 mrad/person/year.

目次

1. 緒言
2. 放射線危険度の水準
 - i 放射線危険度の疫学的検出 (1. 白血病)
 - ii 放射線危険度の疫学的検出 (2. 胸部腫瘍)
 - iii 胃集検の利益と危険度
 - iv 結核集検の利益と危険度
 - v 他の危険度との比較
 - vi 危険度減少の期待
3. 被曝に関与する種々の要因
 - i X線装置の構造
 - ii 保険給付率との関連
 - iii 医師の放射線防護に対する関心度
 - iv 一般診療所のX線業務の実態
 - v 医師のX線像評価の程度
 - vi 再撮影の頻度
4. 臨床判断と医療被曝
 - i 調査の概要
 - ii 再検査の頻度
 - iii 検査適応の現状分析
5. 胎児被曝の分析
 - i 生殖可能年齢女性の腹部X線検査
 - ii 妊婦のX線検査
 - iii 胎児被曝による危険度推定
6. 放射線治療による被曝
 - i 良性疾患照射の現状
 - ii 集団線量への寄与
7. 結論
8. 研究協力者
9. 謝辞
10. 文献

1. 緒言

放射線は現在医療においてもつとも利用されている。それは放射線の恩恵が莫大であるからで、今日では放射線なしの医療を考えることはできな

い。放射線は今後ますます利用されるに違いない。しかし一方においては、たとえX線診断に用いられる程度の放射線の被曝によつても、集団および将来の世代に対して障害を与える可能性のあることが判つてきた。本報告では、医療被曝による放射線危険度の大きさ、医療被曝に直接関与する要因、臨床判断および胎児被曝の現状などを明かにし、医療被曝軽減の方策の参考に供したいと思う。

2. 放射線危険度の水準

i) 放射線危険度の疫学的検出(1. 白血病)⁵⁾⁷⁾⁹⁾
 わが国で行なわれている診断X線によつて、集団において放射線障害が起こっているかどうかを調べた。すなわち1961~1965年に亘つて白血病患者 1,197名、非白血病の対照 2,609名の照射歴を調べる既往調査法を行なつた。その結果、線量の大きい治療照射の既往歴は白血病群に3倍程多かつたが、線量の比較的小さい透視検査の割合はむしろ対照群に多く、透視検査のごときは一見白血病誘発に関与しないという結論であつた。

しかし透視の回数を比較すると Fig.1 のごと

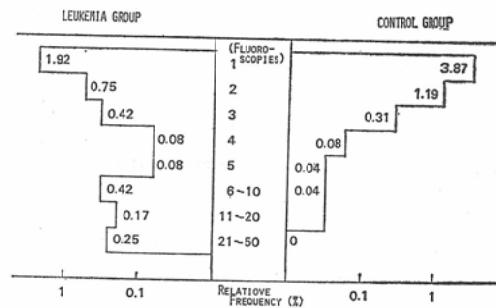


Fig. 1 Comparison of Frequency of Fluoroscopies in Leukemia and Control Groups: A Retrospective Survey

く3回以上透視を受けている人が白血病群に多いことが判った。すなわち3回以上透視を受けている者の割合が、白血病群が1,197名中17名で1.42%、対照群2,609名中13名で0.50%であつた。この差は $0.01 > p$ で有意差がある。すなわち、透視検査では頻回に行うと白血病発生と無関係ではなくなるという結論である。

同様の調査を悪性リンパ腫581名、対照群2,324名についても試みたところ⁶⁾、全く同じ傾向であつた。

ii) 放射線危険度の疫学的検出 (2. 胸部腫瘍)⁴⁶⁾⁵²⁾

放射線障害を予後調査で検出しようとするとき大きな困難性がある。新潟県下の4つの旧結核病院の協力を得て、以前入院して肺結核の治療を受けた患者の、現在までの健康状況を調べた、以前肺結核の治療の1つに人工気胸術があり、気胸の前には胸部透視を行なつたであろうから、そのような患者では後年胸部悪性腫瘍の頻度が大きくなるおそれがあるからである。調査患者2,756名の中、予後が判明したのは43%の1,193名であつた。この中で気胸治療は568名、気胸気腹を全く受けない者が552名である。

予後判明者の中105名は既に死亡していた。その内訳はTable 1の通りで、胸部の悪性腫瘍で死亡した者は気胸群には1例もいなかつた。両群の人口からそれぞれ期待値を計算するとTable 2のごとく、それぞれ3.1と2.2となつたが、いずれも観測値との間には有意差はなかつた。この調査は予後判明率が極めて悪く、しかも結果はカナダの調査とはくい違つている。いずれにしても放射線診断による危険性は、線量がかかり多い場合でも、その検出は容易ではない。

iii) 胃集検の利益と危険度³¹⁾³²⁾⁴³⁾⁴⁵⁾

放射線による危険度は、得られる利益とのバランスで評価されるべきだというのが、ICRPおよび一般の考え方である。医療においてもこの考えは成立つが、医療に用いた放射線の利得を数量的に評価することは一般には甚だ困難である。この種の計算が従来試みられない理由である。とこ

Table 1 Cause of Death: A Followup Study on Patients with Pulmonary Tuberculosis in 4 Sanatoria in Niigata Prefecture, Japan

Cause of Death \ Group	Pneumothorax Group			No-Pneumothorax Group		
	Males	Females	Total	Males	Females	Total
Pulmonary Tuberculosis	25	5	30	10	2	12
Other Benign Diseases	25	7	32	18	1	19
Chest Malignancies*	0	0	0	3	1	4
Other Malignancies**	0	1	1	3	1	4
Unknown	2	0	2	1	0	1
Total	52	13	65	35	5	40

* Including leukemia and malignant lymphoma.

** Actually stomach cancer only.

Table 2 Comparison of Observed and Expected Number of Chest Malignancies: A Followup Study on Patients with Pulmonary Tuberculosis

Cause of Death \ Group	Pneumothorax Group		No-Pneumothorax Group	
	Observed	Expected	Observed	Expected
Esophageal Cancer	0	0.7	1	0.5
Lung Cancer	0	1.6	1	1.1
Breast Cancer	0	0.4	1	0.3
Leukemia	0	0.4	1	0.3
Total	0	3.1	4	2.2

ろが健康者集団を対象とする集団検診においては、疾病の発現という陽性所見のみを利得であると割切ると、その損得計算が可能となる。

胃の集団検診について考えると、わが国の胃集検件数は昭和45年に約220万件であつた。危険度の推定のためには受診者の年齢分布を知る必要があるが、これは新潟と宮城のデータから類推した。さて胃間接撮影1件あたりの平均骨髄線量を370mrad、白血病誘発率を $1.6/10^6/\text{rad}/\text{年}$ とみなすと、Table 3のごとく、向う25年間に約30名の白血病と15名の腹部致死性の癌が生じるといふ結果となる。放射線危険度にはこの他に非特

Table 3 Estimation of Radiation Risks in Stomach Mass Radiography, Japan, 1970

Age Class	Population ($\times 10^3$)	Estimation of Risks	
		Leukemias (25 yrs)	Other Cancers (25 yrs)
—39	750	10.9	5.7
40—49	759	10.6	5.5
50—59	476	6.0	3.1
60—69	196	2.0	1.0
70—	24	0.2	0.1
Total	2,205	29.7	15.4

Note: 1) Mean Bone Marrow Dose: 370 mrad/exam (Hashizume et al, 1969)
 2) Mean Leukemia Induction Rate: $1.6/10^5$ /rad/year (ABCC)

異性寿命短縮と遺伝的死亡がある。これらを計算すると、Table 4 に示すごとく昭和45年度の胃集検によるリスクは92名の損失ということになる。一方この年に発見された胃癌の中、5年以上生存すると推定される数は1,042名であるので、上記リスクはメリットの約8%である。

iv) 結核集検の利益と危険度⁴²⁾⁴⁴⁾

同様に結核集検を考えてみる。昭和43年における集検数は厚生省集計で3,854万で、これによって発見された、治癒すると期待される肺結核と肺癌の合計は39,387名である。これに対し放射線被曝によつて蒙むると予想される損失は、向う25年間における白血病誘発46、その他の悪性腫瘍7、寿命短縮による損失27、遺伝的死亡670で合計750名となる。この場合はメリットの約1.9%に当る。

v) 他の危険度との比較⁴⁵⁾

放射線の利用に関して、ICRPはじめ一般的

に容認されている放射線利用の原則は、放射線利用によつてもたらされる利益に較べて危険度が十分に小さい場合にその合理性を認めることである。この原則にてらした場合、先述の集団検診の放射線危険度は十分に小さいであろうか。この疑問に対しては容易に結論は下せないが、放射線以外の場合の損得勘定と比較するのも一案であろう。

すなわち航空機利用の利害を考えてみよう。運輸白書によると昭和42~46の最近5カ年間の国内航空旅客輸送の実績は約400億人kmである。仮にこれだけの人がすべて鉄道を利用したとして、各路線ごとに節約した時間を求めその平均値を求めると鉄道利用に較べて航空機の旅行は1,000kmにつき約47時間の時間節約となり、この5年間総計では192,500年の節約すなわち利益となる。この時間は2,749名の生涯の時間に当り、いわばこの人命に相当する利益を生じたと考えてよい。一方この期間における国内旅客機事故による死亡は235名で上記利益の8.5%である。同様に自動車交通による損失は利益の4~24%という計算結果がでてくる。

ここでは損得勘定は全部人命で行なつた。最近ICRPや米国学士院では経済価値に換算する考え方を打出しているが、それは敢えて踏襲しなかつた。

vi) 危険度減少の期待⁸¹⁾⁸²⁾

放射線危険度の程度は放射線利用に伴う臨床的、疫学のおよび物理的技術的因子によつて軽減できるので、将来はこのような因子の追求が必要と思う。胃集団検診の場合を考えると、位置ぎめ透視時間と輝度をそれぞれ半減する、パルス透視を採用する、蛍光増倍管間接撮影を採用する、40

Table 4 Benefits and Radiation Risks in Stomach X-ray Mass Survey in Japan: Summary

Benefits		Risks	
1. Detected Stomach Cancer	2,423	1. Leukemias	30
Curable	1,042	2. Other Cancers	15
Incurable	1,381	3. Shortening of Life Span	16
2. Ulcers and Polyps	39,690	4. Genetic Deaths	31
3. Other Diseases Detected	110,250		
Life-saving by Mass Survey	1,042	Deaths from Radiation	92

歳以上のみを集検対象とする、精検施行率を 100%に向上させるなど状況を改良すると、前記の危険度 8.8%を 0.3~0.4%程度に減じることができる。

胸部集団検診の場合は胃集検程改善の因子が多くない。近年結核予防法が改訂され、15歳以下の学童は15歳まで2回受診すればよいことになった。こうなると前記の危険度 1.9%は 0.6%に減じることになる。

かかる計算は現在のところ患者の診療面では困難であるが、将来いわゆる臨床的決定理論が確立すれば適用できることと思う。

3. 被曝に関与する種々の要因

医療被曝に関与する要因の中で、従来最も重要視されかつ系統的に研究されてきたのは物理的技術的要因である。もちろんこれは極めて重要であるが、今日この方面の重要問題はほとんど解明され、問題は教育と行政にすり換っている状況である。そこで今回は教育や行政に関係したいくつかの調査を行ない、かつ分析を試みた。

i) X線装置の構造²³⁾²⁵⁾⁴⁸⁾⁵⁸⁾

X線装置の構造上の重要な点は、日本工業規格や医療法で規定されており、新式の装置では検査上の便利さの点からも、放射線防護の点からも問題のないのが普通である。X線装置はしだいに自動化の機構がとり入れられ、構造も複雑となってきた。反面製作者は重大問題とは考えず、また使用者も気付かないような問題点もなくはない。

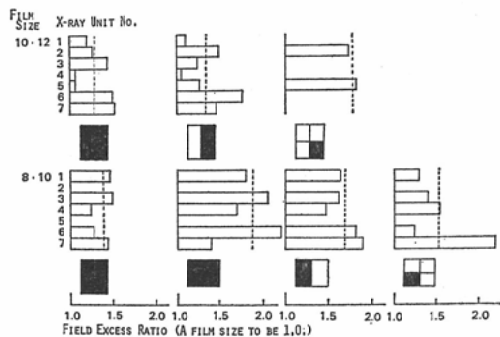


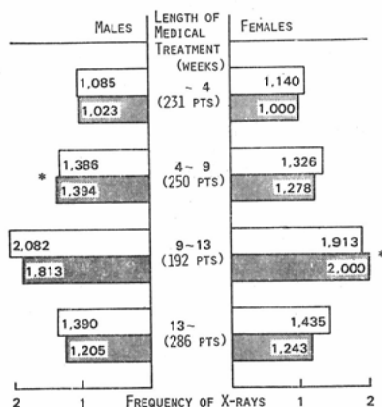
Fig. 2 Field Excess Ratio in 7 Kinds of X-ray TV Sets

最近のX線テレビ装置は、撮影時には使用フィルムサイズに自動的にX線錐が絞られるようになっている。ところがフィルムサイズと線錐が必ずしも一致していないふしがあつたので、どの程度の差があるかを、国産の代表的7機種について調査した。結果はFig. 2のごとくで、一般に六切横撮りの場合にもつとも線錐が大きくなつていて、これから計算すると、通例の上部消化管検査で1件あたり14曝射行くとすれば、絞りの不一致に基づく過剰照射が、おおむね六切5枚分となる。

ii) 保険給付率との関連⁴⁰⁾⁴¹⁾

保険給付率の差によつてX線検査の密度が異なるかどうかをみるために、新潟社会保険事務所の協力を得て、新潟市居住の医療保険利用者の中、昭和47年8月から10月までに受診した消化性潰瘍患者の動態を調べた。保険は給付率の高いいわゆる健保と、給付率の比較的低い国保の2つに分けた。調査数は959名で、内男子693名、女子266名で、疾患別では胃潰瘍620名、十二指腸潰瘍339名である。なおこの病名は保険請求上のもので、病理学的な裏付けはない。

X線検査の回数は受診期間の長さによつて異なるので、対象を診療期間の長短によつて4群に分

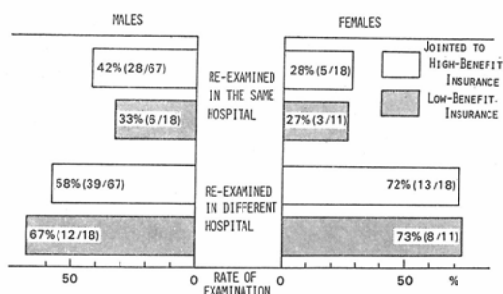


In patients joined to the high-benefit insurance, X-ray examination is frequently performed in 6 of 8 classes except for 2 labelled by*.

Fig. 3 Difference of Frequency of X-ray Examination among Patients joined to Different Health Insurances.

け、さらに男女別に分けたので、都合8群に層別したことになる。各々の層において健保群と国保群のX線検査の平均回数を比較したところ Fig. 3のごとく、8群中6群において健保群の平均検査回数が高かった。この差は符号検定法によると5%水準で有意である。

その内訳をみると、4週間以内に2回以上検査を繰返した患者の中、同一施設で繰返した割合が男子女子とも、健保群に多かつた。これに対し異なつた施設で再検査を繰返す割合は国保群に多かつた。その様子を Fig. 4 に示す。検査を行う



Patients joined to the high-benefit insurance tended to be repeatedly examined by X-ray in the same medical facility.

Fig. 4 Comparison of Frequency of Repeat X-ray Examination

医師側の要因と考えられる。さらに異なつた施設で再検査を行つた患者の転医経路を調べると、診療所から病院へという合理的な転医が、健保に42%、国保に60%であるのに対し、診療所から診療所へ、病院から診療所へ、および病院から病院へという転医は健保に58%、国保に40%で、合理的な転医とは逆であつた。患者自身の医師選択の無計画さが、健保の全額給付によつて強調されているという結果であつた。いずれにせよ、健保患者703名中の1,362回のX線検査の内、81回すなわち約6%は国保患者に較べて過剰であつた。

iii) 医師の放射線防護に対する関心度²⁾⁸⁴⁾⁸⁵⁾

患者の放射線被曝を左右する因子に、放射線診療をも併せ行う一般医師の放射線防護に対する関心度がある。そこで新潟県居住の医師を対象に昭和44年と48年の2回に亘つて、防護意識の調査を

行なつた。まず放射線防護を必要と考えるかという質問に対して各科医とも80%以上は必要と考え、平均では44年89.9%、48年90.0%であつた。年齢的には若い程防護の必要性を認識しており、20歳台では約97%であつた。

次に放射線防護を行うことによつて診断制限を受けると考えるかという質問に対し、昭和48年の645名中260名(40.3%)が制限を受けると考え、280名(43.4%)は制限を受けないと考えていた。また実際にどの程度防護に関する知識を持っているか調べたところ、最大許容線量、ICRP、遺伝有意線量、ICRPと遺伝有意線量の双方を知る割合は昭和44年にはそれぞれ92.4%、27.5%、37.1%、19.7%であり、昭和48年にはそれぞれ96.7%、36.6%、51.7%、28.4%であつた。昭和44年から48年までの4年間にはICRP Pub.16が刊行され、一般ジャーナリズムも医療被曝をとり上げるに至り、原発や原潜の記事もしばしば見受けられるようになった。本調査ではこの4年間に一般の医師諸公の放射線防護知識は約10%向上したことを示す。

iv) 一般診療所のX線業務の実態²⁸⁾²⁵⁾⁸⁹⁾

通産省の統計によるとわが国の最近の月間X線フィルムの購買量は約100万ダースであるが、その38%は一般診療所において消費される。すなわちX線検査の約4割は診療所で行なわれている。その診断所のX線業務の実態がどうであるかについて、放射線技師の勤務していない新潟市内の68診療所について調査した。その結果判つたことは、ポータブル装置のみでX線診断を行う7.4%(5/68)、線錐を全く絞らないで使用5.9%(4/68)、医師や技師以外の者が装置を操作するおそれのある診療所76.5%(52/68)、などであつた。これらは被曝以外の点でも問題が多いように思われる。

v) 医師のX線像評価の程度²⁵⁾⁴⁸⁾⁵⁸⁾

新潟県の放射線技師の勤務する病医院100を対象に、日常の胸部X線検査の管電圧を調べたところ、120kVp以上の高圧撮影は22%に過ぎなかつた。100kVp以下の低電圧で撮っている78の病院

を調べると、その中の29病院は高圧撮影装置を保有するにも拘らず、高圧撮影を行っていないことが判つた。その理由は29の中16病院において、医師が高圧撮影の画質になじめないことであつた。この16病院にはいずれも放射線科医は勤務していない。

vi) 再撮影の頻度²⁵⁾⁵⁶⁾

再撮影は色々な理由で行われることが考えられる。新潟県放射線技師会の協力の下に、昭和47年11月から1カ年、県内14の病院で再撮影の調査を行った。14病院における1年間の総撮影枚数は451,171枚、その中、再撮影分は9,965枚であつた。再撮率の大小がどんな因子と関連があるかを調べると、病院の病床数の多い程(すなわち病院規模が大きい程)、技師仕事量の多い程(すなわち忙しい程)再撮率が小さいことが判つた。放射線科における技師の数と経験年数とは直接の相関はなかつた。この結果は病院としての活動力が大きく、かつ放射線科医の勤務する病院に再撮影の少ないという印象を与えるので、放射線科医の関与の程度で病院を3群に分けた。大学病院は除外した。すなわち、放射線医の全く勤務しない5病院では再撮率は2.78% (1,805/64,910)、非常勤で勤務の4病院では2.12% (2,325/109,534)、常勤の4病院では1.84% (2,886/157,239)で上記の印象を裏付けている。

4. 臨床判断と医療被曝²¹⁾²⁶⁾²⁷⁾³⁸⁾⁴⁹⁾

患者が医療放射線にどの程度被曝するかは、その患者がX線検査を必要とするか、必要とするすればどんな方法で何枚撮影すれば、必要とする臨床的情報が得られるか、という最初の臨床判断に左右されるところが大きい。しかし現在のところ、この問題を考える確固とした判断基準は確立されていない。そこでこの方面へのアプローチとして、現在行われている消化管X線検査の状況を調べ、判断基準確立への足掛りを得たいと思う。

i) 調査の概要

昭和48年10月から2カ月に亘つて、新潟大学およびその関連病院18の協力を求め、この期間に臨床各科から放射線科に対して消化管のX線検査の依頼のあつた患者について、検査の適応に関連する事項の調査を行なつた。集計の結果、データの利用できる患者数は1,945名で、その中男性1,157名、女性788名で、また年齢分布は0~19歳58(3.0%)、20~29歳226(11.6%)、30~39歳319(16.4%)、40~49歳496(25.5%)、50~59歳389(20.0%)、60歳以上457(23.5%)で、全体の69%は40歳以上の患者であつた。

まず臨床各科はどんな理由で消化管のX線検査を依頼しているかを調べた。検査理由を便宜上Table 5のごとく、消化器系の臨床症状のある場合と、はつきりしない場合に分け、さらに9項目

Table 5 Reasons for Request of GI Tract X-ray Examination, Niigata University, 1973

Reasons for Request		Males		Females		Total	
		No.	%	No.	%	No.	%
A: With Clinical Signs	1. Clinical Signs	552	47.7	544	69.0	1,096	56.3
	2. Laboratory Findings	50	4.3	34	4.3	84	4.3
	3. Followup Study	239	20.7	84	10.7	323	16.6
	4. Special Examination	75	6.5	38	4.8	113	5.8
B: Without Clinical Signs	1. Therapeutic Request	9	0.8	11	1.4	20	1.0
	2. Large Film Study in SMS*	128	11.1	56	7.1	184	9.5
	3. Health Examination**	80	6.9	9	1.1	89	4.5
	4. Epidemiologic Indication	8	0.7	5	0.6	13	0.7
	5. Request from Patient	16	1.4	7	0.9	23	1.2
Total		1,157	100.1	788	99.9	1,945	100.0

* Stomach Mass Survey. ** A so-called "human dock examination".

に細分した。Table 5を見ると、症状そのものが検査の理由となつているのが56.3%の過半数を占めており、常識的な結果といえよう。胃集検の精検が9.5%を占めており、多過ぎる印象を与えるが、これは調査の時期による偏りで、年間を平均すると、この1割程度である。

ここで検査の理由という意味は、主治医がX線検査をオーダーした理由であつて、その際本質的にX線検査が必要であつたかどうかという判断とは関係がない。

ii) 再検査の頻度 (検査の重複)

一度のルーチン検査によつて所見の把握が不十分の場合には再検査が行なわれる。1カ月以内に繰返された検査の大部分はこのような目的で行なわれたと見做してよいであろう。ただしかかる繰返し検査が他院で行なわれた場合は、精密検査の依頼のみならず、保険給付率の項に述べたごとく、患者自身のこのみによる転医が無視できないので、1カ月以内の短期間内に他院で同一検査を受けている割合を調べるのは無意味ではない。かかる検査の重複は男性96、女性43、合計139で、全体の7.1%に相当する。性年齢ごとに重複率を比較すると Fig. 5のごとく、50~59歳を除き、すべて男性患者に検査重複(繰返し)率が大きく、これは5%水準で有意差がある。男子は健保本人が多いことから、この中には省略できる検査も少なくないものと予想される。

iii) 検査適応の現状分析

調査された1,945件の消化管検査はすべて臨床

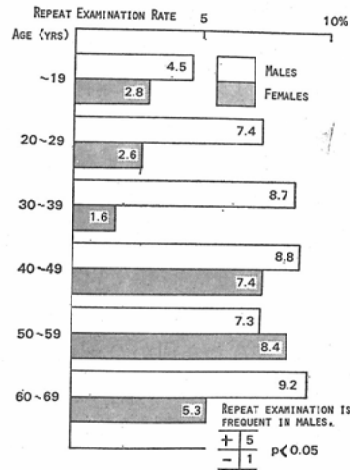


Fig. 5 Repeat X-ray Examination: Sex and Age Distribution of Patients

各科から依頼されて施行されたが、実際にこれらの検査を担当したのはすべて教室関係の放射線医である。これらの放射線医が、それぞれのX線検査の直前に、病歴と現症を再検討し問診を行ない、この依頼された検査がその患者の診療上必要であるか否かの判断を行なつた。結果はTable 6のごとく、依頼されたX線検査には適応があつたと判断されたのが83%、適応がないのにオーダーが出されたと判断されたのが10.1%、残りはいづれとも判断できなかった。

適応がないと判断された根拠を整理すると、発症が1週間以内でもう少し経過をみてからX線検査を試みるべきもの52(26.4%)、訴えがなくて検査理由があいまいなもの22(11.2%)、症状から

Table 6 Inquiry on Indication of GI Tract X-ray Examination, Niigata University, 1973

Age Class of Patients	Number Examined	Indicative of X-ray	Indication Uncertain	Non-indicative of X-ray Study		
				Males	Females	Total
0-19	58	32	8	6	12	18 (31.0%)
20-29	226	144	22	34	26	60 (26.5%)
30-39	319	242	31	23	23	46 (14.4%)
40-49	496	425	33	20	18	38 (7.6%)
50-59	389	357	17	7	8	15 (3.9%)
60-	457	412	25	11	9	20 (4.4%)
Total	1,945	1,612	136	101	96	197 (10.1%)*

* Percentage indicates a proportion to number examined in each age class.

みて消化管X線検査が必要とは考えられないもの30 (15.2%)、症状からみて検査を延期できるもの27 (13.7%)、1カ月以内に同種を検査をしており十分な診断情報を得ているもの27 (13.7%)、経過観察の間隔が短か過ぎるもの10 (5.1%)、精査を依頼されたが、それまでの検査結果で十分に治療ができるもの7 (3.6%)、女性患者で次の月経開始まで待てるもの12 (6.1%)、患者の希望のみで検査を行なつたもの10 (5.1%)となつている。すなわち何かの理由で検査をもつと延期できると考えられるものが全体の65%、127例に及んでいることが判つた。

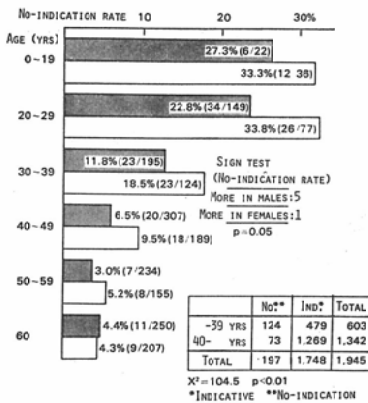


Fig. 6 No-indication Rate in X-ray Examination: Sex and Age Distribution of Patients

このように検査適応のないX線検査が約10%も存在するのは、主に主治医の判断が甘いのと、一部は患者自身の強い希望のためと考えられる。かかる検査を減らすことは一般には極めて難しいことと思われる。しかし検査適応のないと判断された197例の性別年齢別分布を調べるとFig. 6のごとく、性別では男子に多く、年齢的には39歳以下の若年に多く、いずれも統計学的に有意である。このことはX線検査の適応を判断する際に考慮すべき重要な因子であろう。

5. 胎児被曝の分析⁽¹⁰⁾⁽¹⁸⁾⁽²¹⁾⁽²⁷⁾⁽³⁸⁾⁽⁴⁰⁾⁽⁵⁰⁾⁽⁵¹⁾

胎児被曝とは妊娠中の母親が腹部照射を受けることで、胎内の胎児が単独で照射されることはX

線検査ではあり得ない。これは便宜上2つに分けて考える。第1は妊娠成立の不明な時期の腹部X線検査で、生殖可能年齢にある女性が一般の患者として来院した場合である。第2はすでに妊娠と判つてからのX線検査で産科的撮影の多いことが予想される。

i) 生殖可能年齢女性の腹部X線検査

昭和47年4月から48年9月までの1年半に新潟大学放射線科で行なつた腹部のX線検査は7,542件であつた。その中女性は3,329名すなわち約44%を占めていた。検査部位別には、上部消化管1,665、注腸検査308、胆管系295、尿路系840、その他221である。上部消化管検査が最も多く丁度半数を占めている。年齢的には0~14歳104 (3.1%)、15~19歳98 (2.9%)、20~29歳585 (17.6%)、30~39歳663 (19.9%)、40~44歳305 (10.5%)、45歳以上1,529 (45.9%)で、15~44歳の生殖可能年齢層は51%であつた。

女性患者の腹部X線検査に当つての月経周期に関する問診状況をみると、15~44歳の女性患者1,696名中、問診されているのは787名すなわち46%であつた。この787名中には、検査当時妊娠であつたと気付いていた患者は1名も含まれていない。なお問診状況を年齢ごとにみると、15~19歳53.1% (52/98)、20~29歳50.6% (296/585)、30~39歳47.8% (317/663)、40~44歳34.9% (122/350)で、高齢側で問診率が低下している。

787名の中3名は手術閉経であるので除外し、残りの784名について、検査当日が最終月経開始日から何日経過しているかを年齢ごとに整理したのがTable 7である。すなわち月経周期の分布は平等ではなく、月経時のX線検査がやや少ない傾向にある。これを検査別にみると全検査に亘つて同じ傾向にあることが判る (Table 8)。

年齢ごとにX線検査当日における月経々過日分布を比較するとTable 9のごとく最終月経開始から31日以上経過してから腹部X線検査を受けている例が、15~29歳の若年者では17.5%、30~44歳の比較的高年齢層では8.0%であつた。この差は $\chi^2=16.2$ で1%水準で有意である。15~19歳の思

Table 7 Distribution of Menstrual Cycle at the Time of X-ray Study: 15—44 Years Old Female Patients, Niigata University, 1973

Days after Menses Age Class	0—10	11—20	21—30	31—	Total
15 — 19	12 (23%)	18 (35%)	10 (19%)	12 (23%)	52 (100%)
20 — 29	71 (24%)	101 (34%)	75 (25%)	49 (17%)	296 (100%)
30 — 39	82 (26%)	112 (35%)	98 (31%)	25 (8%)	317 (100%)
40 — 44	42 (35%)	46 (39%)	21 (18%)	10 (8%)	119 (100%)
Total	207 (26%)	277 (35%)	204 (26%)	96 (12%)	784*(100%)

* Three cases of operative menopause were excluded.

Table 8 Distribution of Menstrual Cycle at the Time of X-ray Study: 15—44 Years Old Female Patients

Days after Menses X-ray Examination	0—10	11—20	21—30	31—	Total
Upper GI Tract	156 (27%)	204 (35%)	161 (28%)	65 (11%)	586 (100%)
Barium Enema Study	20 (30%)	18 (27%)	23 (34%)	6 (9%)	67 (100%)
Bile Duct System Study	16 (29%)	24 (44%)	8 (15%)	7 (13%)	55 (100%)
Urinary Tract Examination	12 (20%)	25 (41%)	12 (20%)	12 (20%)	61 (100%)
Others	3 (20%)	6 (40%)	0	6 (40%)	15 (100%)
Total	207 (26%)	277 (35%)	204 (26%)	96 (12%)	784 (100%)

春期では月経周期の一定しない割合も少くないので、この年齢層を除外して χ^2 検定を行つても、有意水準は変らない。この結果から29歳以下では妊娠初期の女性が妊娠と知らずに腹部X線検査を受けている可能性があると考えたが、鈴木雅州教授の調査によると、新潟地方の女性の月経周期は29歳以下と30歳以上とでは一般的に差があつて、20~29歳では周期が31日以上型が17.9%、30~39歳では9.4%、40~44歳では4.5%であつた。若し月経周期にかかわりなく任意にX線検査を受けたとすれば、検査当日が最終月経開始後何日目に当たるかの割合は、この年齢分布に比例することが予想される。ところがTable 9のデータは鈴木データの殆んど符合する点を考えると、Table 9は単に新潟地方女性の月経周期の一般傾向を示したに過ぎないかも知れない。

一方上部消化管X線検査を受けた女性患者の主

Table 9 Distribution of Menstrual Cycle at the Time of X-ray: 2 x 2 Table

Days after Menses Age Class	0—30	31—	Total
Younger Group (15—29)	287	61 (17.5%)	348
Elder Group (30—44)	401	35 (8.0%)	436
Total	688	96 (12.2%)	784

$\chi^2=16.2$ $p<0.01$

Even females of 15—19 years old were excluded from the statistical consideration, the significant level remains the same.

訴を調べてみると、Fig. 7のごとく、年齢によつて大差はないが、30歳台に較べて20歳台に悪心嘔吐が5%程多いという結果であつた。このことは20歳台の胃透視患者中に妊娠悪阻がまぎれ込んでいる可能性を示す。実際に今回の調査中、月経周期31日以後に上部消化管X線検査を受けた65名に

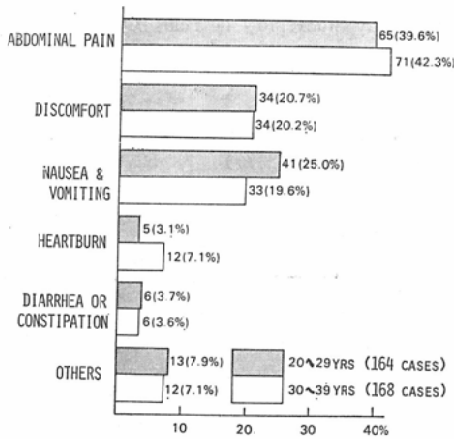


Fig. 7 Distribution of Complaints in Patients Received Upper GI Tract X-ray Examination

ついて追跡調査を行なつたところ、22名について判明した。すなわち22名の中2名はX線検査当時すでに妊娠中であつた。なお妊娠成立の不明の女性784名をX線検査をすると、各月の出産が平等だとすればこの中に5.29名の妊娠初期が含まれているという計算になる。

ii) 妊婦のX線検査

昭和48年8月から4カ月に亘つて、新潟県新津保健所管内の妊婦検診の際に、保健婦が妊婦に対して問診を行なつて、妊娠中のX線検査の調査を行なつた。この地区は新潟市の東南に隣接する面積約600km²の米作地帯で3市3町1村を含む。昭和47年の人口は男91,669名、女100,976名で年間出産数は大よそ3,000件である。調査された妊婦数はTable10のごとく1,485名で、非経産婦781、経産婦704である。年齢的には20~29歳が1,167名(78.6%)を占める。

Table 10 Survey on Radiodiagnostic History During Pregnancy Classification of Pregnant Women

Age Class	Primipara	Multipara	Total
—19	12	2	14
20—29	660	507	1,167
30—39	95	180	275
40—44	0	4	4
Unknown	14	11	25
Total	781	704	1,485

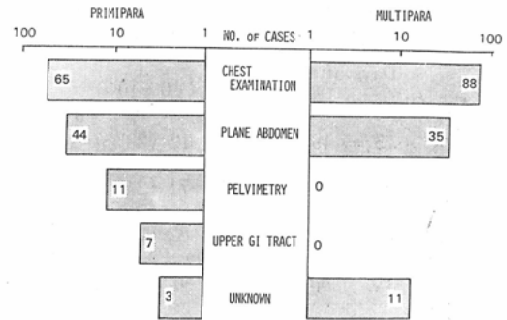


Fig. 8 X-ray Examinations in Pregnant Women

Table 11 Frequency of X-ray Examination During Pregnancy, Niigata, 1973

Stage of Gestation (months)		0—3	3—6	6—9	9—	
Number X-rayed	Plane Abdomen		2	2	40	27
	Pelvimetry		0	0	1	10
	Upper GI Tract		4	2	0	0
	Chest		31	75	28	14
	Total		37 (2.66)	79 (5.71)	69 (6.56)	51 (7.16)
Not X-rayed		1,353	1,305	983	661	
Total		1,390	1,384	1,052	712	

() %

まずX線検査の内容をみるとFig.8のごとく、経産婦では消化管検査と骨盤計測を欠くが、全体の件数は非経産婦781中130件(16.6%)、経産婦704中134件(19.0%)で経産婦にやや多いが有意の差はない($\chi^2=1.44, 0.25 > p > 0.10$)。初めての妊娠の場合に消化管検査を受けることのある点が重要である。

次に妊娠の時期ごとにX線検査と割合を整理するとTable11となる。各時期によつて調査された妊婦数が異なるが、X線検査率は妊娠の進行とともに増加する傾向がある。

iii) 胎児被曝による危険度推定

妊婦のX線検査の割合が全国的にこの程度であるとするれば、これによつて胎児はどの位線量を受け、従つてどの程度の危険度が予想されるであろうか。尤もこのデータで全国を代表させてよ

Table 12 Radiation Dose of Fetus During Maternal Radiography

X-ray Examination	Stage of Gestation(months)			
	0-3	3-6	6-9	9-
Chest	mrad 0.48	mrad 1	mrad 1	mrad 1
Upper GI Tract Examination	15	210	1,000	1,300
Plane Abdomen Film	70	230	280	590
Pelvimetry	—	—	1,800	1,800
Accumulated Dose of Fetus	250	955	13,028	33,944
Number X-rayed	1,390	1,384	1,052	712
Average Dose per Fetus	0.2	0.7	12.4	47.7

Average Dose per Fetus During Entire Period of Pregnancy : 61 mrad

いという保証はないが、小児がん登録統計や広島大学のデータにも若干の問題点があるので、今回はこのデータを基にして危険度を推定しよう。

危険度には白血病のみを考え、白血病誘発の感受性は胎児は成人の10倍であると仮定した。また妊娠の全期間に亘って白血病誘発感受性は不変とした。妊婦が身体各部のX線検査を1回受けるごとに、胎児はTable12のごとく被曝する。すなわち母体のX線検査によって胎児は平均して0~3カ月に0.2mrad, 3~6カ月に0.7mrad, 6~9カ月に12.4mrad, 9~10カ月に47.7mrad, 合計61mrad, を被曝している。わが国の年間出産数は 200×10^4 , また白血病の誘発率を $16/10^6/\text{rad}/1$ 年とすると、10歳までに19.5名の白血病発生が期待される。しかしこの数は同年齢の全白血病の約0.3%に過ぎず、この誘発分を疫学調査によって検出できるとは考えられない。

6. 放射線治療による被曝

放射線治療は照射による個人的利益が明確であり、かつ局所の線量も甚大であるが、X線診断に較べて照射人口が少なく、また照射された人の平均寿命は必ずしも長くない。従って現在のところ集団被曝の観点からは問題は少ない。しかし良性疾患の場合には一般には致命的でないので、集団の被曝の点から必ずしも無視できないかも知れない。

い。

i) 良性疾患照射の現状

昭和48年9月、全国の150床以上の病院の放射線科と皮膚科に合せて1,424通のアンケートを送り、良性疾患照射の現状調査を行なった。回答のあつたのは放射線科248, 皮膚科137, 合計387通で回答率は27%に過ぎなかつた。しかし送先の選定は病院要覧記載の放射線科と皮膚科であつて、これらでは必ず照射装置を保有しているという証拠はない。従つて無回答分は照射療法を行なわない病院である可能性も強いので、回答分のみで全国を代表させることにした。

昭和45年における照射実数の集計はTable13のごとくでケロイドと血管腫の多いことが判る。

次に各年度ごとの照射患者中の良性疾患の占める割合はFig.9の通りである。昭和30年までは照射の70~80%が良性疾患であつたのが、その後急激に減少しているのが判る。この傾向は昭和30

Table 13 Survey on Radiotherapy for Benign Diseases, Japan, 1970

Diseases Irradiated for	Number	Percentage
Keloid	329	25.8%
Hemangioma	324	25.4
Eye Diseases	117	9.2
Skin Diseases	261	20.4
Lymphadenitis tbc	84	6.6
Others	162	12.7
Total	1,277*	100.1

* 445 unknown cases were excluded.

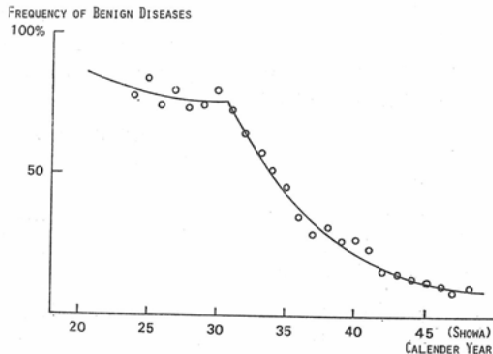


Fig. 9 Tendency of Radiotherapy for Benign Diseases, Japan

年頃から急に超高圧照射装置が普及し始め、悪性腫瘍照射が増加したことと関係がある。最近では良性疾患は約10%を占めるが、この割合は今後あまり変わらないものと予想される。それは第1に、現在照射中の各疾患はいずれも他に良い治療法がないこと、第2に今回の調査で良性疾患照射の考え方を調べたところ、有効回答144の中、積極的に照射を行うというのが43.6% (63/144) を占めたこと、またとくに放射線科医にそのような考え方が多いという結果であったからである。

ii) 集団線量への寄与

以上のような良性疾患照射の現状から、それらが遺伝有意線量にどの程度寄与しているかの推定を行なった。各疾患に対する照射線量は調査報告書から求め、生殖腺線量は諸家の報告の平均値、子供期待数は昭和45年のデータを利用した。結果はTable 14と15に示すごとくである。すなわち約0.49mrad/人/年で、橋詰の1971年の照射治療か

Table 14 Estimation of Genetic Significant Dose Contributed from Radiotherapy for Benign Diseases, Sex and Age Distribution

mrad/person/year

Age Class	Males	Females	Total
0—14	0.0652	0.0841	0.1493
15—29	0.2182	0.1107	0.3289
30—44	0.0015	0.0087	0.0102
45—	0.0001	0	0.0001
Total	0.2850	0.2035	0.4885

Table 15 Estimation of Genetic Significant Dose Contributed from Radiotherapy for Benign Diseases: Disease Distribution

mrad/person/year

Disease Irradiated for	G S D	%
Keloid	0.1734	45.5%
Hemangioma	0.2941	60.2
Eye Diseases	0.0000	0.00
Skin Diseases	0.0050	1.03
Lymphadenitis tbc	0.0002	0.04
Others	0.0158	3.23
Total	0.4885	100.00

らの遺伝有意線量0.98mrad/人/年の丁度半分に当る。疾患ごとにみると、ケロイドと血管腫の寄与が大きく、他は殆んど無視できるようである。

7. 結 論

医療被曝に関する種々の問題点を検討したところ次の結果を得た。

1) 疫学的調査によつて診断放射線の危険度の検出を試みたところ、透視検査と白血病誘発に関する既往調査では、3回以上の頻回の透視は無関係ではないとの結論を得た。しかし気胸透視と胸部悪性腫瘍に関する予後調査では陽性の結果が得られなかつた。

2) わが国における胃集団検診の利益と放射線危険度の推定を行なったところ、危険度は利益の8.8%であつたが、将来各種の状況を改善すると危険度を0.3~0.4%程にまで減じうる。また結核検診では危険度は1.9%であるが、15歳以下2回検診に改めると0.6%に減じる。

3) 被曝に係する要因の中で、X線装置の構造、保険給付率との関係、医師の放射線防護に対する関心度、一般診療所のX線業務の実態、医師のX線像評価の程度、再撮影の頻度について調査分析を行なった。

この中、保険給付率との関係では、給付率の高い保険を有する患者において平均X線検査回数が高いことが判つた。

4) X線検査が必要かどうかという臨床判断が患者被曝に大きく影響するが、消化管検査についてX線検査が正しい適応に基づいて行なわれているかどうかを調べたところ、約10%は適応がないのに検査が行なわれていることが判つた。

5) 生殖可能年齢の女性の腹部検査にあつて、ほぼ半数の患者にしか月経周期の間診が行なわれていなかった。また20歳台の女性では妊娠悪阻を胃腸疾患と考えて消化管X線検査に廻す可能性がある。

6) 妊婦の調査から胎児被曝の現況を調べた。すなわち1,485例の調査によると、22%の妊婦が何らかのX線検査を受け、そのため胎児は平均61mradの被曝がある。この被曝により10歳までに

19.5名の過剰白血病の生じる計算となる。

7) 良性疾患に対する放射線治療の割合は昭和30年以来しだいに減少し、現在では全照射数の約10%を占めるに過ぎない。しかしこれによる遺伝有意線量への寄与は0.49mrad/人/年と推定され、ケロイドと血管腫の照射による寄与が最も大きく、その他の疾患への照射による寄与は殆んど無視できる。

8. 研究協力者

新潟大放	山崎岐男, 酒井邦夫, 原 正雄 佐藤一明, 伊藤寿介, 黒川茂樹 原 敬治, 稻越英機, 黒川久枝 日向 浩, 山本 賢, 佐藤俊郎 渡辺 強, 栢森 亮
杏林大放	古屋儀郎
新潟市病	横山道夫
新潟ガセ	新妻伸二, 小林晋一
厚生連	佐藤 実
長岡日赤	西村義孝
荘内病院	阿部啓二
県立若松	奥田 豊
新津保	山岸美津子

9. 謝 辞

拙筆するにあたり、本報告にご指名を頂いた前々会長半田信義教授と発表の機会を与えられた会長山下久雄教授に厚く感謝の意を表す。

本研究について、恩師名古屋大学高橋信次教授は当初から始終懇篤なるご指導とご助言を賜った。また新潟大学野崎秀英名誉教授、放医研御園生圭輔所長、東北大学粟冠正利教授、同星野文彦教授、九州大学大竹久教授、九州がんセンター入江英雄院長、新潟大学竹内正七教授および新津保健所渡辺宏所長はご協力ご援助を惜まれなかつた。新潟大学放射線医学教室同窓会各位、新潟県放射線技師会各位、新潟県菊地浩衛生部長、および新潟放射線技術学校本間ムツ校長は各種の調査に絶大なご協力を下された。ここに厚く感謝の意を表す。

本研究の一部は文部省科学研究費、厚生省医療研究助成金によつた。深く感謝の意を表す。

本報告は以下の文献欄に掲げた58篇の私どもの諸報告に基礎をおいた。

文 献

- 日向 浩：消化管透視線量の分析。日医放会誌準備中。
- 栢森 亮, 日向 浩：放射線防護に関する医師の意識調査。医学のあゆみ, 91(4), 180~185, 1974。
- 北島 隆：X線診断時の防護, 現代医学, 8(1), 72~78, 1960。
- 北島 隆：放射線障害の疫学的研究の現状勢特に発癌について。医学のあゆみ, 48(6), 263~269, 1964。
- 北島 隆：医用放射線による白血病発生の統計的研究。日医放会誌, 26(7), 882~890, 1966。
- 北島 隆：医用放射線と悪性リンパ腫発生に関する既往調査。日医放会誌, 26(7), 891~893, 1966。
- Kitabatake, T. Retrospective survey on medical irradiation and leukemogenesis in Japan. Tohoku J. exp. Med. 90(1), 25-34, 1966。
- 北島 隆：放射線疫学とその周辺。放射線生物研究, 2(1), 42~45, 1967。
- 北島 隆：放射線被曝と白血病発生との関係についての統計学的研究。日血会誌, 31(5), 805~809, 1968。
- 北島 隆：放射線障害。朝倉書店, 1968。
- 北島 隆：放射線障害の性格。日本医事新報, 2353, 27~30, 1969。
- 北島 隆：放射線診療弱体性の背景。日本医事新報, 2425, 43~45, 1970。
- 北島 隆：悪性疾患の誘発。楡山義夫編放射線影響の研究, 394~404, 東大出版会, 1971。
- 北島 隆：放射線障害の認定。金原出版, 1971。
- 北島 隆：医療による放射線障害。新潟市医報, 9, 2~3, 1971。
- 北島 隆：女性患者のX線検査。新潟県医報, 256, 9~11, 1971。
- 北島 隆：人体内に起る傷害のメカニズム。科学朝日, 32(1), 105~107, 1972。
- 北島 隆：低線量被曝による障害の評価。臨床放射線, 17(2), 115~121, 1972。
- 北島 隆：放射線障害の疫学的諸問題。医学のあゆみ, 80(7), 437~440, 1972。
- 北島 隆：放射能と白血病, 中尾喜久編白血病のすべて, 64~73, 南江堂, 1972。
- 北島 隆：臨床医と放射線障害。日本医事新報, 2538, 125, 1972。
- 北島 隆：放射線防護必要性の背景。歯科放射線, 13(2), 129~132, 1973。
- 北島 隆：医療被曝軽減の問題点。日放技術誌, 29(3), 250~255, 1973。
- 北島 隆：診断X線によつて障害が起こるか。

- さくらXレイ写真研究, 24(6), 5~8, 1973.
- 25) 北島 隆: 医療被曝軽減の問題点. 新潟放技会報, 25, 2~11, 1973.
 - 26) 北島 隆: 放射線検査の適応の決定(質疑). 日本医事新報, 2622, 158~159, 1974.
 - 27) 北島 隆(委員長): 患者被曝防護のためのX線診断(委員会答申). 日医会誌, 71(9), 1247~1267, 1974.
 - 28) 北島 隆: 医療と放射線. からだの科学, 59, 57~61, 1974.
 - 29) 北島 隆: 放射線障害総論. 小児外科内科, 6, 1097~1101, 1974.
 - 30) 北島 隆: 患者被曝防護の背景. 臨床放射線, 20, 77~79, 1975.
 - 31) 北島 隆: 集団検診における放射線障害. 東北医誌. 印刷中.
 - 32) 北島 隆: 胃集検による利益と不利益. 胃癌集検, 印刷中.
 - 33) 北島 隆, 藤井良平: 放射線と癌. 図説今日の医学, 1, 137~139, 1967.
 - 34) 北島 隆, 栢森 亮: 医師の放射線防護に対する関心度の実態調査. 医学のあゆみ, 76(8), 630~635, 1971.
 - 35) Kitabatake, T., Kayamori, R.: Survey on radioprotective attention in Japanese physicians. *Acta Med. Biol.* 19(3), 173~180, 1972.
 - 36) Kitabatake, T., Kurokawa, S.: A review on human leukemias following radiotherapy in Japan. *Acta Med. Biol.* 17(1), 1~8, 1969.
 - 37) 北島 隆, 栗冠正利, 御園生圭輔: 急増する医療被曝を放置してよいか. 臨床放射線, 19(4), 317~322, 1974.
 - 38) 北島 隆, 佐藤俊郎: 臨床判断と医療被曝. 日本医事新報, 2563, 26~28, 1973.
 - 39) Kitabatake, T., Watanabe, T.: X-ray operation in practitioner offices in Niigata prefecture, Japan. *Acta Med. Biol.* 21(2), 63~70, 1973.
 - 40) 北島 隆, 横山道夫: 医療被曝からみた消化性潰瘍患者の動態. 日医放会誌, 33(11), 910~912, 1973.
 - 41) Kitabatake, T., Yokoyama, M.: Tendency for patients with peptic ulcer to receive excess medical ionizing radiation. *Tohoku J. exp. Med.* 112(3), 205~208, 1974.
 - 42) 北島 隆, 横山道夫, 栗冠正利, 古賀佑彦: 胸部X線集団検診による利益と危険度. 日本胸部臨床, 32(3), 212~217, 1973.
 - 43) 北島 隆, 横山道夫, 栗冠正利, 古賀佑彦: 本邦胃集検の成果と危険度の見積り. 医学のあゆみ, 84(8), 445~448, 1973.
 - 44) Kitabatake, T., Yokoyama, M., Sakka, M., Koga, S.: Estimation of benefit and radiation risk from mass chest radiography. *Radiology* 109(1), 37~40, 1973.
 - 45) Kitabatake, T., Yokoyama, M., Sakka, M., Koga, S.: Estimation of benefits and radiation risks from stomach mass X-ray survey in Japan. *Strahlentherapie* 146(3), 352~358, 1973.
 - 46) 北島 隆: 気胸透視とその後の胸部悪性腫瘍発生との関連性. 日医放会誌, 35(9), 印刷中.
 - 47) 黒川茂樹, 北島 隆: 放射線誘発人白血病について二, 三の検討. 日医放会誌, 29(8), 1081~1086, 1969.
 - 48) 中村 実, 北島 隆, 山本稔他: 医療放射線被曝の問題点(討論会). 日放技師誌, 20(10), 5~30, 1973.
 - 49) 日本医学放射線学会放射線防護委員会: 放射線診断における被曝の管理. 日本アイトープ協会, 1974.
 - 50) 佐藤俊郎: 妊婦のX線検査と胎児被曝. 日医放会誌, 準備中.
 - 51) 佐藤俊郎: 女性の腹部X線検査による胎児被曝の危険性. 日医放会誌, 準備中.
 - 52) 茂兼英寿, 加藤義昭, 北島隆他: 胸部レ線診断時における肺結核患者のレ線被曝量. 日本胸部臨床, 20(5), 312~319, 1961.
 - 53) Takahashi, S., Kitabatake, T.: Skin and neck cancer following radiation therapy for benign diseases. *Tohoku J. exp. Med.* 84(4), 349~359, 1965.
 - 54) Takahashi, S., Kitabatake, T., Wakabayashi, M. et al.: A statistical study on human cancer induced by medical irradiation. *Nippon Acta Radiol.* 23(12), 1510~1530, 1964.
 - 55) 高橋信次, 吉沢康雄, 宮川 正, 御園生圭輔, 北島 隆, 古賀佑彦: X線検査時における患者防護. 日医会誌, 68(7), 730~738, 1972.
 - 56) 渡辺 強: X線検査再撮影に関与する要因. 日放技術誌, 30(3), 269~271, 1974.
 - 57) 山崎岐男, 黒川茂樹, 北島 隆: 乳房照射と白血病の誘発. 日医放会誌, 29(1), 44~48, 1969.
 - 58) 吉村秀太郎, 渡辺 強, 宮路隆也: 患者被曝に関与する技術的因子の調査. 日放技術誌, 30(4), 353~358, 1974.