

Statistics
Dept. File

DELAYED EFFECTS OCCURRING WITHIN THE FIRST DECADE
AFTER EXPOSURE OF YOUNG INDIVIDUALS TO THE
HIROSHIMA ATOMIC BOMB

原爆被爆後の最初の10年間に広島の若年層被爆者に
認められた遅発性影響

ROBERT W. MILLER, M. D.



EDITOR'S NOTE

編集者の言葉

The ABCC Bilingual Technical Report series began in 1959. In order that manuscripts which have never been published or are available only in one language may be made a matter of record for reference purposes, the 1959 series is being kept open and items will be added from time to time.

1959年から日英両文によるABC業績報告書の作成を開始した。これまでに発表されなかった原稿、又は一方の国語だけで作成されたものも、参考用記録とするために1959年度集の中に随時追加される。

THE ABCC TECHNICAL REPORT SERIES

ABC業績報告集

The ABCC Technical Reports provide a focal reference for the work of the Atomic Bomb Casualty Commission. They provide the authorized bilingual statements required to meet the needs of both Japanese and American components of the staff, consultants, advisory councils, and affiliated governmental and private organizations. The reports are designed to facilitate discussion of work in progress preparatory to publication, to record the results of studies of limited interest unsuitable for publication, to furnish data of general reference value, and to register the finished work of the Commission. As they are not for bibliographic reference, copies of Technical Reports are numbered and distribution is limited to the staff of the Commission and to allied scientific groups.

この業績報告書は、ABCの今後の活動に対して重点的の参考資料を提供しようとするものであって、ABC職員・顧問・協議会・政府及び民間の関係諸団体等の要求に応ずるための記録である。これは、実施中で未発表の研究の検討に役立つ、学問的に興味が限定せられていて発表に適しない研究の成果を収録し、或は広く参考になるような資料を提供し、又ABCにおいて完成せられた業績を記録するために計画されたものである。論文は文献としての引用を目的とするものではないから、この業績報告書各冊には一連番号を付してABC職員及び関係方面にのみ配布する。

**DELAYED EFFECTS OCCURRING WITHIN THE FIRST DECADE
AFTER EXPOSURE OF YOUNG INDIVIDUALS TO THE
HIROSHIMA ATOMIC BOMB**

原爆被爆後の最初の10年間に広島の若年層被爆者に
認められた遅発性影響

ROBERT W. MILLER, M. D.

Laboratories of Atomic Bomb Casualty Commission
原爆傷害調査委員会検査室

(Originally published 1956 既発表)



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES NATIONAL RESEARCH COUNCIL
and
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

with funds provided by
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH
U.S.A. PUBLIC HEALTH SERVICE

原爆傷害調査委員会
広島および長崎

米国学士院 - 学術会議と厚生省国立予防衛生研究所
との日米共同調査研究機関

(米国原子力委員会, 厚生省国立予防衛生研究所および米国公衆衛生局の研究費による)

THE EFFECTS OF CURBINE WITHIN THE FIRST THREE
MONTHS OF LIFE ON THE DEVELOPMENT OF
LEUKEMIA IN MICE

RAOUL SIMON AND NIEL WALD

Department of Biostatistics, University of California, Los Angeles

Los Angeles, California

1967

Contract No. DA-19-022-AMC-001

Contract No. DA-19-022-AMC-001

Contract No. DA-19-022-AMC-001

ACKNOWLEDGMENT

The biostatistical analysis was performed by Mr. Raoul Simon. The identification of the types of leukemia was made by Dr. Niel Wald. Many others, both Americans and Japanese, have contributed greatly in collecting and recording the information from which the data in this paper have been drawn. The assistance of these people is gratefully acknowledged.

感謝の言葉

生物統計学的解析は Mr. Raoul Simon が実施し、白血病の病型の確定は Dr. Niel Wald が行なった。資料の収集ならびに記録には、日米両国の多数のかたがたによる大きな寄与があり、本論文の資料はそれらから抜萃されたものである。これらの人々のご助力に感謝する。

生物統計学部

ラウル・シモン

カリフォルニア大学ロサンゼルス校

ロサンゼルス校

1967年

TABLE OF CONTENTS

目 次

| | |
|----------------------------|--------|
| PREVIOUS STUDY OF THE ABCC | |
| ABCCにおける既往の研究..... | Page 2 |
| PRESENT STUDY | |
| 現在実施中の研究..... | 5 |
| METHODS | |
| 方 法..... | 5 |
| RESULTS | |
| 成 績..... | 8 |
| DISCUSSION | |
| 考 案..... | 19 |
| SUMMARY AND CONCLUSIONS | |
| 総括および結論..... | 25 |
| REFERENCES | |
| 参考文献..... | 27 |

LIST OF TABLES AND FIGURES

挿入図表一覧表

| | | |
|-----------|--|--------|
| TABLE 1. | PATIENTS EXAMINED IN HIROSHIMA (January-December 1954) | |
| 表 | 広島における被検者 (1954年1月~12月) | Page 6 |
| 2. | SURVIVORS EXAMINED AT THE HIROSHIMA PEDIATRIC CLINIC IN 1954 IN SOME OF THE AGE AND DISTANCE CATEGORIES 1954年広島ABCC小児科において検査を実施した被爆生存者 特定年齢および距離階級別..... | 7 |
| 3. | GESTATIONAL AGE OF SURVIVORS AT TIME OF BOMBING 被爆生存者の原爆時における胎齢..... | 9 |
| 4. | IN UTERO PATIENTS WITH SMALL HEAD CIRCUMFERENCE ASSOCIATED WITH MENTAL RETARDATION (Hiroshima ABCC) 小頭に知能の発育の遅れを伴った胎内被爆児 (広島ABCC) | 12 |
| 5. | IN UTERO PATIENTS WITH ABNORMALITIES OTHER THAN INFECTION OR MICROCEPHALY ASSOCIATED WITH MENTAL RETARDATION 感染ないし小頭以外の異常に知能の発育の遅れを伴った胎内被爆児..... | 13 |
| 6. | TWENTY-ONE PATIENTS WHO DEVELOPED LEUKEMIA BEFORE THE AGE OF NINETEEN YEARS (January 1949-December 1954, Hiroshima ABCC) 19歳未満の白血病患者21名 (1949年1月~1954年12月, 広島ABCC) | 14 |
| 7. | INCIDENCE OF LEUKEMIA AMONG SURVIVORS BORN IN 1935 OR LATER WHO RESIDED IN HIROSHIMA DURING 1949-1954 1935年以後に出生した広島在住の被爆者における1949~1954年の白血病発生率..... | 15 |
| 8. | INCIDENCE OF VISUAL DISABILITY (Hiroshima ABCC Pediatrics Department January-December 1954) 視力障害発生率 (広島ABCC小児科, 1954年1月~12月) | 16 |
| 9. | INCIDENCE OF CHRONIC OTITIS MEDIA AMONG PEDIATRICS PATIENTS (January-December 1954) 小児科患者における慢性中耳炎の罹病率 (1954年1月~12月) | 18 |
| 10. | HEMATOLOGY VALUES FOR PATIENTS WITH CHRONIC OTITIS MEDIA IN THE VARIOUS DISTANCE CATEGORIES (January-December 1954) 被爆距離別慢性中耳炎患者の血液値 (1954年1月~12月) | 19 |
| 11. | SEQUELAE OF THE BLAST OR THERMAL ENERGIES OF THE HIROSHIMA ATOMIC BOMB OTHER THAN WELL-HEALED SCARS, AMONG PATIENTS LESS THAN TEN YEARS OF AGE AT THE TIME OF EXPOSURE (January-December 1954) 広島原子爆弾被爆時に10歳以下であった患者に認められた治癒瘢痕以外の爆風ないし、熱エネルギーの後遺症 (1954年1月~12月) | 20 |
| 12. | KNOWN LATE EFFECTS OF EXPOSURE TO IONIZING RADIATION 電離放射線の後影響..... | 24 |
| FIGURE 1. | INCIDENCE OF PATIENTS WITH SMALL HEAD CIRCUMFERENCES HIROSHIMA ABCC 小頭児発生率 広島ABCC..... | 10 |

**DELAYED EFFECTS OCCURRING WITHIN THE FIRST DECADE
AFTER EXPOSURE OF YOUNG INDIVIDUALS TO THE
HIROSHIMA ATOMIC BOMB**

原爆被爆後の最初の10年間に広島の若年層被爆者に
認められた遅発性影響

ROBERT W. MILLER, M. D.

The late effects of a single whole-body exposure to external ionizing radiation of various dosages have been partially determined for experimental animals. Little is known of the sensitivity of human beings to such exposure. Only in Hiroshima and Nagasaki is it possible to study annually large numbers of individuals of all ages who have been so exposed.

Laboratory experimentation and experience from the field of radiation therapy have indicated that rapidly growing, relatively undifferentiated tissues are often more susceptible than others to the effects of ionizing radiation. Experimental work suggests that the susceptibility of animals exposed early in life to the effects of this physical agent may be greater than that of mature animals.¹ The Pediatric Department of the Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) is attempting to define these effects for the human being exposed to the atomic bomb during infancy, childhood, or intra-uterine life.

The search for specific late effects is also guided by the results of animal experimentation and by the inadvertent overexposure of human beings to roentgen rays. A radiation-induced lymphoma similar to leukemia has repeatedly been produced in mice.² Radiologists develop leukemia 9 times more often than do other

線量のいろいろ異なる電離放射線による1回の全身照射を受けた場合の後影響については、実験動物の場合には一部これが明らかにされている。しかし、同様の照射を受けた人体が示す感受性のことはあまり知られていない。このような照射を受けた者多数を各年齢層にわたって年次的に調査できるのは、ただ広島と長崎があるだけである。

研究室実験および放射線療法における経験の示すところによれば、急速な成長が行なわれて比較的未分化段階にある組織は、そうでないものに比べて電離放射線に対する感受性が強いことが多い。実験の結果は未成熟動物がこのような物理力を受けた場合の感受性は成熟動物がそれを受けた場合の感受性よりも大きいことを示唆している。¹ 原爆傷害調査委員会 (ABCC) の小児科では乳児期、幼児期、ないし胎生期に原爆放射線を受けた者に見られるこれらの影響を明らかにしようという誠みを行なっている。

特定の後影響の追究も、動物実験の結果および、たまたま人間が過度のX線照射を受けた例などを利用して進められている。マウスに放射線を利用して白血病類似のリンパ腫が度々誘発されてきた。² 放射線科医師には他科の医師に比較して白血病罹患率が9倍も高

physicians.³⁻⁵ Pancytopenia has been found as a late effect of exposure of guinea pigs to roentgen rays.⁶ Cataracts have similarly occurred in animals and man.⁷ Radiation-induced genetic mutations have been conclusively demonstrated in the fruit fly⁸ and in the mouse.⁹ Embryologic effects of this physical agent are well established.¹⁰⁻¹² Skull defects have been produced in rats. The births of microcephalic, mentally-retarded children have resulted from the accidental overexposure of women in the first half of pregnancy to roentgen radiation given as treatment for pelvic diseases.¹⁴ Among other possible effects described by investigators engaged in animal experimentation are retarded bone growth, defective dentition,¹⁵ and premature aging.^{6,16-18} In addition to lymphomas, radiation-induced tumors of many organs have been observed in experimental animals.¹⁸ These include tumors of the lung, ovary, uterus, mammary gland,^{6,18} skin, bone,¹⁸ pituitary,¹⁹ and fetal brain.²⁰

PREVIOUS STUDY OF THE ABCC

Hematologic Effects

According to the work of Snell,²¹ Yamasowa,²² Folley and his co-workers,²³ and Lange and his associates,²⁴ the only hematologic disorder found at the ABCC which is seemingly related to exposure to the atomic bomb is leukemia. Hematologic surveys by Moloney and Lange²⁵ have provided the opportunity of studying the peripheral blood before as well as after development of leukemia and of seeking the earliest hematologic change indicative of the ailment. Moloney and Kastenbaum²⁶ have shown that there is no measurable effect of age or sex on the incidence of leukemia among survivors, but the incidence increases as the distance from the hypocenter (the point directly under the atomic bomb at the time of detonation) decreases. The effect of proximity to the hypocenter is more marked among those who suffered severe acute radiation sickness.

Genetic Effects

Extensive genetic studies to date have revealed no radiation effect on the children of

い。³⁻⁵ X線照射を行なったモルモットに、汎血液細胞減少症が後影響として認められた。⁶ 同様にして白内障が動物および人間に発生している。⁷ 遺伝学的に放射線誘発性の突然変異が、果実蠅⁸およびマウス⁹に明確に証明された。胎生期におけるこの物理力の影響もすでに明らかにされている。¹⁰⁻¹² ラットに頭蓋欠損の実験例が作られた。骨盤内疾患治療のため妊娠前半期においてたまたま過度のX線照射を受けた婦人に、小頭知能遅滞児が生まれている。¹⁴ その他動物実験に従事する研究家がこのような影響として報告しているものに、骨の発育不全、歯列の欠損、¹⁵ および早老がある。^{6,16-18} リンパ腫のほかにも実験動物においては多くの臓器に放射線の誘発にかかる腫瘍が観察された。¹⁸ 肺、卵巣、子宮、乳腺、^{6,18} 皮膚、骨、¹⁸ 脳下垂体、¹⁹ 胎児の脳²⁰ などに見られる腫瘍がこれである。

ABCCにおける既往の研究

血液学的影響

Snell,²¹ Yamasowa,²² Folleyら、²³ および Langeら²⁴によれば、ABCCで発見された原爆被爆に関係があるとされる唯一の血液障害は白血病である。Moloney および Lange²⁵が行なった血液学的調査は白血病の発病前後における末梢血液の研究ならびにこの疾患の徴候としての初期血液学的変化の検索を実施する機会を提供した。Moloney および Kastenbaum²⁶は、被爆者の白血病発生率には年齢および性別の影響はさして認められないが、爆心地（原爆炸裂直下の地点）からの距離の短縮に伴って発生率が増加することを明らかにした。近距離被爆の影響は重篤な急性放射線症状を呈した者の場合いっそう著明である。

遺伝学的影響

今日まで行なわれた広範な遺伝学的調査では、原爆被爆者の子供に放射線の影響は全く認められない。²⁷

individuals exposed to the atomic bomb.²⁷ These observations, which are based on data obtained from the examination of 72,107 children, concern only the first generation.

Embryologic Effects

Yamazaki and his associates²⁸ have reported that exposure of the embryo or fetus may be fatal. Plummer²⁹ and Sutow³⁰ have presented the results of studies of some of the survivors who were *in utero* at the time of exposure to the atomic bomb. In Hiroshima 10 had microcephaly with mental retardation. There were 2 such patients in Nagasaki. In Hiroshima there were 2 patients with microcephaly, but with normal intelligence.

Cataracts

Cogan and his associates³¹⁻³³ and Kimura and Ikui³⁴ have described 9 patients from Hiroshima and 1 from Nagasaki with probable radiation-induced cataracts. There are 4 additional patients in Hiroshima with lenticular changes suggestive of a causal relationship to the radiation exposure. Three of the former patients and 2 of those with the suggestive changes were between 13 and 16 years of age at the time of exposure. Of the 27 patients less than 12 years of age in the study of Cogan and his co-workers, 24 were between 2 and 6 years of age at the time of exposure from the bomb. None of these had cataracts related to radiation exposure.

On the other hand, Sinsky³⁵ has reported that the incidence of polychromatic granular plaques on the posterior lens capsule of 164 patients who suffered more than 90 per cent epilation is 8.5 times higher than that of an equal number of nonexposed individuals. These abnormalities were usually visualized only on slit-lamp examination. The patients studied were between 15 and 45 years of age at the time of exposure.

Growth and Development

Anthropology: Data on anthropometry have been collected and interpreted by Reynold.³⁶⁻⁴⁰ Of 4800 children examined in 1951, 4200 were re-examined in 1952, and 2700 were examined

この観察は72,107名の児童を検査して得た資料に基づく観察であって、第1世代についてのみ行なったものである。

胎生期の影響

山崎ら²⁸は胎生期における被曝は致命的でありうることを報告している。Plummer²⁹ および Sutow³⁰ は胎内で被曝した生存者若干名について調査した結果を報告している。それによれば、広島では知能の発育の遅れを伴う小頭症例が10件あり、長崎では同じく2件あった。広島では小頭症はあるが知能指数の正常なものが2例あった。

白内障

Coganら³¹⁻³³ならびに木村および生井³⁴は、広島で9件、長崎で1件の放射線誘発性と思われる白内障例を報告している。広島にはさらに被曝に起因すると思われる水晶体変化を伴う患者が4名ある。前者のうち3例および後者のうち2例は、13歳から16歳の間で被曝している。また、Coganらが調査した12歳未満の患者27名のうち24名は、被曝時には2歳から6歳の間であった。これらの者には被曝に関連する白内障が認められた者はひとりもなかった。

他方 Sinsky³⁵によれば、脱毛が90%に及んだ患者164名においては、同数の非被曝者に比べて、水晶体後囊の多染性顆粒性円板状混濁の発生率が8.5倍の高率に達しているという。これらの異常は普通は細隙燈検査法でなければ認められない。これら患者の被曝時における年齢は15歳から45歳までの間であった。

成長と発育

人類学的観察：人体計測資料の収集およびその解釈が Reynolds³⁶⁻⁴⁰によって行なわれた。1951年の被爆児

a third time in 1953. Nonexposed (control) children in those years were chosen from those who had moved into Hiroshima after the atomic bombing. Prior to their arrival in this city many had spent all their lives elsewhere in Japan or in other countries. These children tended to be larger in size and to mature earlier than did those who were exposed to the bomb. To minimize the dissimilarity of the early history, the measurements of children within 1500 meters of the hypocenter were compared with those in the city but beyond this distance at the time the bomb was dropped. Those in the distant group tended to be bigger and to mature earlier than the children who had been close to the hypocenter, and those who had had severe acute radiation symptoms tended to lag behind those who did not have these complaints.

Physical Fitness: No difference between the 2 exposure groups was found when a step test, hand dynamometry, and a neuromuscular co-ordination test were performed.⁴¹

Dental Development: No significant difference between the exposed and nonexposed children was noted in the developmental state of permanent molars among children 6, 12, and 13 years of age.⁴² In a preliminary report, Terasaki and Shiota⁴³ described the presence of a minor degree of hypoplasia more common among the exposed group, but this may well be the result of environmental influences and not an effect of ionizing radiation. No differences in root formation or in the time of eruption of first and second permanent molars were noted. Dental caries were more common in the exposed group. This was especially true for the deciduous teeth.

Other Studies of Possible Late Effects in Children

Sutow⁴⁴ has found that the incidences of certain contagious diseases, as determined by the medical history, were similar for both the exposed and nonexposed groups. There were no differences in the 2 exposure categories in the blood pressure values, in the incidences of healed or active tuberculosis, or in the incidence

4800名のうち4200名について1952年に再検査が行なわれ、さらに1953年には2700名について第3回目の検査が行なわれた。この間、対照として非被爆児が原爆後の広島市転入者のうちから選ばれたが、これには広島市転入前は日本国内の他の地方、または海外で過ごしてきた者が多かった。これらの対照児童は被爆児に比べて一般に身体も大きく成熟も早かった。両群の初期における相違を最少限にするために、1500m未満の地域の被爆児の計測値と、原爆投下時に広島市内にいたが1500m以遠の地域にあった児童の計測値との比較が行なわれたが、遠距離児童群は近距離被爆者群に比較して一般に身体も大きく成熟も早かった。また、重篤な放射線症状を呈した者は無症状であった者より発育が遅れ勝ちであった。

体力の観察: 踏台昇降運動検査、握力検査、および神経筋肉協調機能検査が実施されたが、これら2組の比較群の間に何の相違も認められなかった。

歯芽発育: 6歳、12歳、および13歳児の永久臼歯発育状態には、被爆児と非被爆児の間に特に相違点は認められなかった。⁴⁵ 寺崎および塩田⁴⁶はその中間報告の中で、軽度の低形成が被爆児に多く認められると報告しているが、これは環境の影響によるもので、電離放射線の影響によるものではないかもしれない。歯根形成、ないし第1および第2永久臼歯発生の時期には全く相違は認められなかった。齶歯は被爆児に多く、特に乳歯の場合がそうであった。

児童に認められると思われる後影響についてのその他の研究

Sutow⁴⁴はある種接触伝染性疾患を病歴によって調査し、被爆児も非被爆児もこの点は同様であることを明らかにした。これら2群の間には血圧、結核(治療したものも活動性のものも含む)、発生率、ないし尿の異常所見の頻度に、差は認められなかった。原爆時

of abnormal findings by urinalysis. Abnormalities in children 7 months of age and younger at the time of exposure, were similar for both groups.

PRESENT STUDY

The review of ABCC findings summarized above concerns data obtained before 1954. The data presented below represent the extension and continuation of the effort (until the beginning of 1955) to find late effects of exposure of young persons to the atomic bomb.

METHODS

In the Hiroshima ABCC Pediatrics Clinic, 4407 patients were examined between January 1 and December 31, 1954. The youngest were *in utero* and the oldest were 10 years of age at the time of the detonation of the bomb in 1945.

Table I shows the distribution of these patients with reference to sex, age at the time of examination, and distance from the hypocenter (the point directly under the atomic bomb when it exploded).

Those who were within 1800 meters of the hypocenter, if they were not by coincidence shielded, are believed to have been subjected to some ionizing radiation. Most of those beyond this distance probably received an inconsequential amount. An effort was made to examine all survivors still living in Hiroshima who were within 1800 meters of the hypocenter and all who were between 3000 and 3500 meters of it.

Estimates of the number of survivors according to year of birth, sex, and distance from the hypocenter have been obtained from the Hiroshima ABCC Master File. Table 2 shows the per cent of survivors, now between 9 and 18 years of age, who were examined in 1954. The 19-year-old patients and all those between 1501 and 1800 meters have been omitted because the census data are available only in groups of 500-meter and 5-year intervals. Table 2 shows that more than one-third of the survivors in each of the age and distance categories listed were examined in 1954 at the ABCC.

において生後7か月未満であった幼児に認められた異常には、両群の間に相違は認められなかった。

現在実施中の研究

ABCCの業績を要約した以上の考察は1954年以前に入手した資料に関するものである。以下に示す資料は若年者層に現われる後影響検索のために続けられたその後の研究(1955年初頭まで)を示すものである。

方 法

広島ABCC小児科では、1954年1月1日から同年12月31日までの間に4407名の検査を実施した。その最年少者は1945年の原爆炸裂時には胎内におり、最年長者は10歳であった。

表1はこれら被検者の分布状態を性別、検査時年齢別、および爆心地からの距離別に示したものである。

1800m未満の地域の被爆者は、たまたま遮蔽下にあった者は別として、何程かの電離放射線の照射を受けているものと考えられる。しかし、1800m以遠の地であった大部分の者にとっては、この照射量は取るに足らないものであったであろう。そこで、広島の1800m未満の地域における被爆生存者全員、および爆心地から3000~3500mの間にあった者全員についてできるだけ洩れなく検査が行なわれた。

生年別、性別、および被爆距離別生存者数の推定が広島ABCCの基本名簿に基づいて行なわれた。表2は1954年の被検者で当時9歳から18歳までの間にあった者の百分比を示す。すでに満19歳に達していた者、および1501~1800mの間で被爆した者は、その全員を調査対象から除いた。調査資料が500m階級および5歳階級別のみから成っていたからである。表2によれば、各年齢別および被爆距離別に示された生存者のうち長以上が1954年にABCCで検査を受けている。

Radiation and medical histories for each patient were obtained by a Japanese physician. Clinic visits were usually scheduled within 30 days of the child's birthday. Groups of patients were transported between homes or schools and the clinic by ABCC station wagons. The patients were examined by Japanese physicians. If an abnormality was found, an American pediatrician checked the finding. In addition to the physical examination, the patient received a hematologic study (complete blood count, differential count, hematocrit, and sedimentation rate), urinalysis, stool examination for ova and parasites, roentgenograms of the chest and of the left wrist (the latter for bone-age evaluation), anthropometric measurements and photographs, dental examination, evaluation of visual acuity, and a serologic test for syphilis. After the data were recorded, the chart for each patient was sent to the Biostatistics

各被検者の被爆歴および病歴の調査は日本人医師の手で行なわれた。ABCCにおける検査は、普通誕生日の前後30日以内に行なわれた。家庭または学校からABCCへの送り迎えはABCC専用車で行なわれた。検査には日本人医師が当たったが、異常が発見されたものについてはさらに米国人小児科医師による照合が行なわれた。診察のほか血液検査（完全血球数算定、白血球分類像、ヘマトクリットおよび赤血球沈降速度の測定）、検尿、寄生虫卵の有無を調べるための検便、肺および左手根部のX線検査（後者は骨年齢推定のため）人体計測およびその写真の撮影、歯科検査、視力検査、および血清梅毒検査が行なわれた。資料の記録が終わると各被検者のカルテは生物統計部に送られ、

TABLE 1 PATIENTS EXAMINED IN HIROSHIMA
January-December 1954

表 1 広島における被検者
1954年1月~12月

| Distance† 距離 | 8* | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | 13 | | 14 | | 15 | | 16 | | 17 | | 18 | | 19 | | Total 合計 | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|----|----|
| | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | M 男 | F 女 | T 計 | | |
| 1000-under 未満 | 1 | 1 | — | 2 | 2 | 2 | 7 | 5 | 4 | 5 | 5 | 7 | 7 | 4 | 8 | 7 | 2 | 1 | 1 | — | — | 1 | 1 | 2 | 38 | 37 | 75 | | |
| 1001-1500 | 16 | 11 | 39 | 52 | 69 | 50 | 82 | 98 | 63 | 56 | 65 | 87 | 48 | 46 | 50 | 29 | 28 | 18 | 23 | 22 | 17 | 17 | 17 | 21 | 517 | 507 | 1024 | | |
| 1501-1800 | 8 | 9 | 62 | 49 | 60 | 91 | 78 | 84 | 74 | 68 | 71 | 59 | 62 | 50 | 36 | 31 | 27 | 25 | 31 | 23 | 19 | 12 | 20 | 9 | 548 | 510 | 1058 | | |
| 1801-2000 | 2 | 7 | 34 | 32 | 11 | 7 | 31 | 24 | 4 | 12 | 20 | 10 | 18 | 15 | 8 | 15 | 11 | 9 | 8 | 12 | 4 | 1 | 9 | 10 | 160 | 163 | 323 | | |
| 2001-2999 | 18 | 10 | 32 | 39 | 9 | 13 | 12 | 14 | 16 | 11 | 13 | 14 | 14 | 6 | 13 | 4 | 5 | 3 | 7 | 11 | 6 | 2 | 8 | 4 | 153 | 140 | 193 | | |
| 3000-3500 | 18 | 11 | 91 | 60 | 111 | 89 | 107 | 100 | 112 | 108 | 107 | 81 | 84 | 74 | 66 | 39 | 38 | 36 | 42 | 27 | 17 | 19 | 25 | 26 | 818 | 670 | 1488 | | |
| over 3500 以上 | 17 | 9 | 4 | 8 | 5 | 6 | 8 | 2 | 5 | 4 | 3 | 6 | 1 | 7 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 56 | 52 | 108 | | |
| Not exposed 非被爆者 | 1 | — | 16 | 13 | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 21 | 15 | 36 |
| Unknown 不明 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | 2 | |
| Total 小計 | 81 | 67 | 278 | 255 | 268 | 258 | 326 | 327 | 278 | 264 | 285 | 273 | 235 | 202 | 183 | 129 | 114 | 95 | 115 | 96 | 65 | 53 | 85 | 75 | 2313 | 2094 | 4407 | | |
| Total MandF 男女合計 | 148 | 533 | 526 | 653 | 542 | 558 | 437 | 312 | 209 | 211 | 118 | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

* Age in years. 年齢

† Distance from hypocenter in meters. 爆心地からの距離 (単位 m)

Department where the information was coded, punched onto IBM cards, and filed. However, the information presented here concerning the patients examined in 1954 was derived from a review of the charts of all pediatric patients during that year.

ここで資料の記号化, IBM カードへの穿孔が行なわれて保管される。なお, ここに示す1954年の被検者に関する資料は, 当該年度の小児科全被検者のカルテに基づいて作ったものである。

TABLE 2 SURVIVORS EXAMINED AT THE HIROSHIMA PEDIATRIC CLINIC IN 1954 IN SOME OF THE AGE AND DISTANCE CATEGORIES

表 2 1954年広島ABCC小児科において検査を実施した被爆生存者
特定年齢および距離階級別

| Distance 距離 (m) | No. of Survivors 被爆生存者数 | 1941-1945* Number Examined 被検者数 | % | No. of Survivors 被爆生存者数 | 1936-1940* Number Examined 被検者数 | % |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|------|-------------------------------|---------------------------------------|------|
| Males 男 | | | | | | |
| 1000 and less 未満 | 39 | 18 | 46.2 | 33 | 18 | 54.5 |
| 1001-1500 | 478 | 318 | 66.5 | 381 | 166 | 43.6 |
| 3000-3500 | 874 | 528 | 60.4 | 590 | 247 | 41.9 |
| Females 女 | | | | | | |
| 1000 and less 未満 | 38 | 21 | 55.3 | 28 | 13 | 46.4 |
| 1001-1500 | 527 | 343 | 65.1 | 350 | 132 | 37.7 |
| 3000-3500 | 769 | 438 | 57.0 | 565 | 195 | 34.5 |

*Year of birth. 生れた年

The patients seen in the Pediatric Clinic were virtually all ambulatory and afebrile. About three-quarters of them had no disease (disregarding worm infestation and paranasal sinusitis) that could be diagnosed under the conditions of the study. Incidences of acute illnesses could not be determined in this clinic. For most abnormalities, the medical histories of the patients served only to suggest the presence of disease, but were not sufficiently dependable to serve as a source of data based on them alone. Therefore, it would seem that only those patients with subacute and chronic maladies yield satisfactory data for comparing the heavily exposed with the lightly exposed and nonexposed. It must be remembered that to demonstrate a relationship of a disease to ionizing radiation an increased incidence among the exposed population must first be demonstrated. Individual case analysis cannot be

ABCC小児科における被検者はその殆んど全部が病床にない無熱の者であった。そのうち%はこの調査施設の下で行なわれた診断の限りでは無病(寄生虫症および副鼻腔炎を除く)であった。急性疾患例はABCCで行ないうる診断の範囲外に属する。大多数の異常において既往歴は疾患の存在を示唆するにとどまり, それだけでは資料源として頼るには不十分であった。したがって, 強度被爆者を軽度被爆者および非被爆者と比較するには, 重急性および慢性疾患患者を調べて始めて十分な資料が得られるものと思われた。ある疾患と電離放射線との関係を証明するためには, まず放射線の照射を受けた群にその疾患が増加していることを証明しなければならない。個々の例の解析だけではこ

related to the effects of this physical agent. In addition, of the illnesses detected as a result of the medical examination, perhaps those best suited for statistical study are ailments which create deviations of physical or laboratory findings which are virtually incontestable and most unlikely to be overlooked. This is the reasoning which led to the selection of the investigations reported here.

RESULTS

Microcephaly*

Table 3 shows the number of patients examined as compared with the number known to have been exposed in each age and distance category. These patients were examined at least once between 1950 and 1955. The gestational age at the time of exposure is measured from the date of the mother's last menstrual period. Virtually all patients within 2200 meters under 15 weeks of gestational age and those over 15 weeks of gestational age within 1500 meters of the hypocenter have been examined at the ABCC.

The relative scarcity of patients of a gestational age less than 7 weeks may be the result of the original plan for selecting patients. None was intentionally included if born after April 15, 1946. Thus, the youngest patient in the study, if born at full term, was exposed at 2 to 4 weeks of gestational age.

The sporadic nature of the incidence of microcephaly makes the corresponding rates too discontinuous for adequate comparisons to be made. Instead, the scheme of presentation shown in Figure 1 was adopted in order to contrast the incidence of microcephaly between the various gestational age groups for the different distances from the hypocenter. The addition of

の物理力との関係を明らかにすることはできない。その上、検診の結果発見される疾患の中で最も統計学的考察に適するものは、診察あるいは臨床検査所見としてきわめて明白で、したがって見落されるおそれのないかたよりを伴う疾患であろう。これがここに報告するような調査項目を選ばせるに至った理由である。

成績

小頭症*

表3は、各年齢階級別および被爆区間別の被検者数と被爆者数との比較を示す。前者は1950年から1955年までの間に少なくとも一度は検査を受けている。被爆時の胎齢は母親の最終月経時から起算した。事実上、2200m未満の地域にあった胎齢15週以下の者および1500m未満の地域にあった胎齢15週以上の者全員の検査がABCCで行なわれた。

被検者に胎齢7週以下の被爆者が比較的少ないのはその抽出方法に基づくものであろう。1946年4月15日以後の出生者は故意に調査対象から除いた。したがって、この調査における最年少者は、早産児でなければ胎齢2週から4週の間で被爆していることになる。

小頭症の発生が散発的であるため、この発生率を示す数字もきわめて断続的となり、十分な比較ができない。その代り図1のような図解方式を用いて、胎齢別に被爆区間別小頭症発生率を比較してみた。今まで記

*Microcephaly, as the term is used here, signifies a head circumference 2 or more standard deviations below the average for children of comparable age and sex. Although those with the smallest head circumferences were also of short stature, their head circumferences were still disproportionately small with respect to height.

ここにいう小頭症とは頭囲が同年齢同性における平均を2SD(標準偏差)以上下回るものを指す。頭囲の最も小さかった者は身長も低かったが、その身長の割合から見てもなお頭囲は小さかった。

patients not previously listed more fully defines this contrast. Five mentally retarded microcephalic children have been added to the 10 already known,^{29,30} and 16 microcephalic children of normal intelligence have been added to the 2 described in an earlier report.³⁰

録されていない新しい患者を加えれば、この対照はいっそう明瞭になる。知能の発育の遅れた小頭児5名がすでに判明していた10名に加えられ、^{29,30} 知能の発育の正常な小頭児16名が前回報告された2名に加えられた。³⁰

TABLE 3 GESTATIONAL AGE OF SURVIVORS AT TIME OF BOMBING

表 3 被爆生存者の原爆時における胎齢

| Distance 距離 (m) | 0-6 weeks 週 | | 7-15 weeks 週 | | 16-25 weeks 週 | | 26-40 weeks 週 | |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | No. Exposed 被爆者数 | No. Examined 被検者数 | No. Exposed 被爆者数 | No. Examined 被検者数 | No. Exposed 被爆者数 | No. Examined 被検者数 | No. Exposed 被爆者数 | No. Examined 被検者数 |
| 1200 and less 未満 | 3 | 3 | 8 | 8 | 7 | 6 | 8 | 7 |
| 1201-1500 | 3 | 2 | 22 | 22 | 24 | 23 | 23 | 22 |
| 1501-1800 | 5 | 4 | 18 | 16 | 22 | 16 | 27 | 20 |
| 1801-2200 | 2 | 1 | 19 | 19 | — | — | — | — |

Mental retardation was diagnosed on the basis of clinical opinion, history of poor school work and unsatisfactory performance in 3 psychometric tests given at the ABCC. These were the Koga (Japanese designed) intelligence test, the Goodenough draw-a-man test, and the Bender-Gestalt visual-motor test.

知能の発育の遅れは、臨床的判断、学業成績、およびABCCで行なう3種の知能検査の結果に基づいて判定した。3種の知能検査とは、古賀式知能検査(日本式)、Goodenoughの描人法、およびBender-Gestaltの眼運動検査法である。

Figure 1 shows that all patients with mental retardation and head circumferences more than 3 standard deviations below normal were between 7 and 15 weeks of gestational age. This group is comprised of all 8 patients who were exposed within 1200 meters of the hypocenter, 4 of the 22 exposed between 1201 and 1500 meters, and 1 of 16 exposed between 1501 and 1800 meters. One patient of normal mentality but with a head circumference 3 standard deviations or more below average was found in each gestational age group. However, each of these patients was exposed at less than 1500 meters.

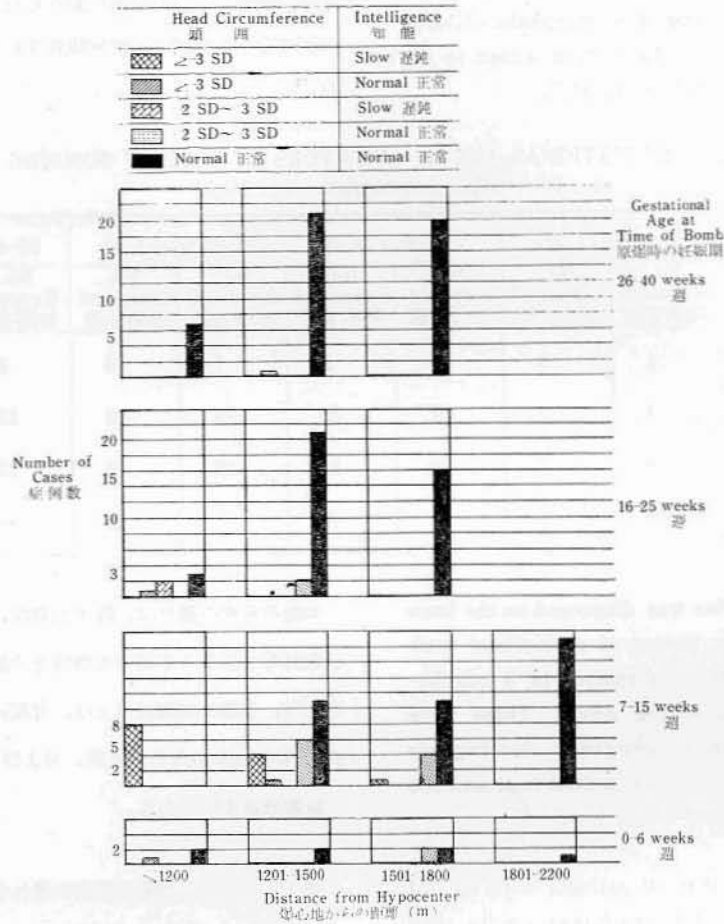
図1によれば、知能の発育の遅れを伴う者で頭囲が正常値を3SD(標準偏差)以上下回っているのはすべて7週から15週までの胎齢群に属する。この群は爆心地から1200m未満の距離にあった者8名の全員、1201~1500m区間の者22名中の4名、および1501~1800m区間の者16名中の1名から成る。知能は正常であるが頭囲は平均値を3SD以上下回る者が各胎齢別群に1名ずつあった。ただし、これはいずれも1500m未満の地域における被爆者であった。

Of those with head circumferences between 2 and 3 standard deviations below average, there were 2 with mental retardation. They were 22 and 24 weeks of gestational age and

頭囲が平均値を2ないし3SD下回る者には、知能の発育の遅れた者が2名あった。原爆時におけるその胎齢はそれぞれ22週および24週、被爆距離はそれぞれ

FIGURE 1 INCIDENCE OF PATIENTS WITH SMALL HEAD CIRCUMFERENCES, HIROSHIMA ABCC

図 1 小頭児発生率 広島ABCC



900 and 1160 meters from the hypocenter, respectively, at the time of detonation of the bomb. Fourteen patients with this lesser degree of microcephaly were of normal intelligence. Ten of these were between the seventh and fifteenth week of gestational age at the time of exposure. Six of 22 patients exposed between 1201 and 1500 meters had this defect, as did 4 of 16 exposed between 1501 and 1800 meters. Of the remaining 4 cases, 2 were among 4 individuals younger than 7 weeks of gestational age who had been between 1501 and 1800 meters of the hypocenter, and 2 were among 23 individuals between 16 and 25 weeks of gestational age who had been between 1201 and 1500 meters from the hypocenter.

900m および1160m であった。この種の軽度小頭児のうち14名は知能の発育が正常であった。このうち10名は被爆時には7週から15週までの胎齢であった。1201~1500m 区間における22名中の6名、および1501~1800m 区間における16名中4名がこれに属する。残り4名のうち2名は1501~1800mの区間で被爆した胎齢7週未満のもの4名のうちに認められた者で、他の2名は1201~1500m 区間で被爆した胎齢16~25週のもの23名中に認められた者である。

Table 4 lists in order of distance from the hypocenter the patients with mental retardation associated with head circumferences more than 2 standard deviations below the mean.

The first case number is 11, indicating that those with lower numbers did not have microcephaly with mental retardation; these patients were younger than 7 weeks of gestational age and were between 940 and 2200 meters from the hypocenter. The absence of case numbers between 11 and 50 indicates normal individuals. Cases 76 and 80 appear out of numerical order because these patients are from a different gestational age group than all the others who have this combination of defects. It can be seen from the table that 13 of the 15 patients were within 1310 meters of the hypocenter. Two had mongolism (1210 and 1481 meters from the hypocenter). Two patients, Cases 13 and 18, were born prematurely. Except for 2 patients (Cases 76 and 80) who were in the twenty-second and twenty-fourth weeks of gestation respectively, all were between the seventh and fifteenth weeks of intra-uterine life. Of the 13 patients whose statures were measured, 8 were 2 or more standard deviations below the average. Nine of the 15 mothers of these children suffered epilation and 6 had purpura as symptoms of acute radiation sickness. Two patients had associated congenital dislocations of the hips (Cases 12 and 21), 3 had strabismus (Cases 12, 19, and 21) and 1 died of primary carcinoma of the liver (Case 17). Cases 15, 21, 27, 38, and 50 have not previously been described.

Table 5 presents in order of distance from the hypocenter, patients who were *in utero* at the time of exposure who have had serious illnesses as determined by physical or pathologic examination. There is no apparent relationship of the defects to each other, or to the gestational age at the time of exposure.

Blood Diseases

Leukemia: Table 6 lists the patients 19 years of age and younger whose leukemia was diagnosed at the Hiroshima ABCC between

表4は頭囲が平均値を2SD以上下回っていて知能の発育の遅れが認められる者を被爆距離の順に示したものである。

第1例の症例番号は11で、これより号数の若い者には知能の遅れを伴う小頭症は認められなかったことを示す。いずれも原爆時には胎齢7週以下で940~2200m区間で被爆したものである。11から50までの間の欠番も同じく正常児であることを示す。76番と80番は番号順からはずれているが、これはこれら2つの障害をあわせ備えるその他の全患者とは異なる胎齢群に属する者だからである。この表から15名の患者のうち13名は1310m未満の地域での被爆者であることがわかる。1210mおよび1481mで被爆した2名に蒙古症があり、症例13および18の2名は早産児であった。また、胎齢がそれぞれ22週および24週であった2例(症例76および80)を除き、他はすべて7週から15週までの胎齢であった。身長計測の行なわれた者13名のうち、8名は平均身長を2SD以上も下回っていた。これら児童の母親15名のうち9名に脱毛、6名に紫斑が急性放射線症状として認められている。また2名(症例12, 21)に股関節脱臼があり、3名(症例12, 19, 21)に斜視があり、1名(症例17)は原発性肝臓癌で死亡している。症例15, 21, 27, 38, および50は以前の報告には記されていなかった者である。

表5は、胎内被爆者であって、診察ならびに病理所見に基づき重症疾患の診断を受けた者を、被爆距離順に示したものである。障害相互間にも、またそれら障害と被爆時の胎齢との間にも、何ら明確な関係は認められない。

血液疾患

白血病: 表6は1949年1月1日から1954年12月31日までの間に広島ABCCで白血病の診断を受けた19歳以

TABLE 4 IN UTERO PATENTS WITH SMALL HEAD CIRCUMFERENCE ASSOCIATED WITH MENTAL RETARDATION
(Hiroshima ABCC)

表 4 小頭に知能の発育の遅れを伴った胎内被爆児
(広島 ABCC)

| Case No. 症例番号 | Sex 性別 | Distance 距離 (m) | Duration of Gestation (days) 妊娠期間 (日) | Gestational Age at Time of Bomb (weeks) 原爆時の妊娠期 (週) | Age at Last ABCC Exam ABCC 最終検査時年齢 | | Head Circumference 頭 囲 (cm) | | | Stature 身 長 (cm) | | | Mother's Radiation Symptoms 母親の放射線症状 | | Other Diagnoses その他の疾患 |
|------------------|-----------|-----------------------|--|--|---------------------------------------|---------|-----------------------------------|-------------|------|------------------------|-------------|------|---|------------|--|
| | | | | | Yr 年 | Mo 月 | Pt 本人 | Mean* 平均 | -SD* | Pt 本人 | Mean* 平均 | -SD* | Epil 脱毛 | Purp 紫斑 | |
| 11 | F 女 | 725 | 280 | 10 | 7 | 6 | 43.4 | 49.9 | 1.0 | 105.3 | 114.3 | 4.1 | Yes 有 | Yes 有 | |
| 12 | F 女 | 790 | 280 | 12-13 | 5 | 0 | 39.8 | 48.6 | 1.0 | Small | 100.5 | 3.8 | Yes 有 | Yes 有 | Strabismus, Cong. disl. hips. Died—marasmus and infantile paralysis 先天性斜視, 股関節 脱臼, 死亡—消耗および小児麻痺 |
| 13 | M 男 | 900 | 252 | 7 | 8 | 1 | 41.5 | 50.8 | 1.3 | 102.6 | 119.0 | 5.4 | Yes 有 | Yes 有 | Strabismus 斜視 |
| 76 | M 男 | 900 | 280 | 22 | 7 | 11 | 48.0 | 50.7 | 1.3 | 122.6 | 118.0 | 5.4 | Yes 有 | Yes 有 | |
| 14 | F 女 | 920 | 280 | 15 | 8 | 3 | 45.8 | 50.1 | 1.1 | 106.4 | 120.0 | 4.5 | Yes 有 | No 無 | |
| 15 | M 男 | 990 | 280 | 13 | 9 | 0 | 46.9 | 50.9 | 1.2 | — | 123.0 | 4.8 | Yes 有 | No 無 | |
| 16 | M 男 | 1030 | 280 | 10-11 | 8 | 0 | 45.9 | 50.7 | 1.3 | 106.1 | 118.0 | 5.4 | Yes 有 | No 無 | |
| 17 | F 女 | 1050 | 280 | 10 | 4 | 7 | 43.3 | 48.3 | 1.0 | 93.4 | 98.0 | 3.8 | Yes 有 | Yes 有 | Died—primary carcinoma of liver, Jan. 53 1953年1月死亡— 原発性肝臓癌 |
| 80 | M 男 | 1160 | 280 | 24-25 | 8 | 1 | 48.0 | 50.8 | 1.3 | 113.6 | 119.0 | 5.4 | Yes 有 | No 無 | |
| 18 | M 男 | 1200 | 238 | 11 | 8 | 3 | 46.2 | 50.8 | 1.3 | 105.6 | 120.0 | 4.5 | Yes 有 | No 無 | Pulmonary tuberculosis 肺結核 |
| 19 | F 女 | 1210 | 280 | 13-14 | 4 | 7 | 43.4 | 48.3 | 1.0 | 86.6 | 98.0 | 3.8 | ? | ? | Mongolism, strabismus. Drowned 1951 蒙古症, 斜視, 1951年溺死 |
| 21 | F 女 | 1224 | 280 | 11 | 9 | 0 | 45.5 | 50.4 | 1.2 | 112.1 | 121.8 | 4.7 | No 無 | No 無 | Cong. disl. of hips. Strabismus 先天性股関節脱臼 |
| 27 | M 男 | 1310 | 280 | 13 | 8 | 1 | 46.9 | 50.8 | 1.3 | 123.0 | 119.0 | 5.4 | Yes 有 | Yes 有 | |
| 38 | F 女 | 1481 | 275 | 15 | 9 | 1 | 44.8 | 50.4 | 1.2 | 111.7 | 122.0 | 4.2 | No 無 | No 無 | Mongolism 蒙古症 |
| 50 | M 男 | 1624 | 290 | 12 | 9 | 0 | 47.5 | 50.9 | 1.2 | 125.9 | 123.0 | 4.8 | No 無 | No 無 | |

* Reynolds, E.⁴⁰

January 1, 1949, and December 31, 1954. These patients were within 6000 meters of the hypocenter. Only 1 patient was found to have the disease as a result of the medical survey described above under "methods." All the rest were referred to the clinic or requested an examination because of signs or symptoms of the disease. All but the 2 patients who were 1208 and 6000 meters respectively, from the hypocenter have been the subjects of other reports.²³⁻²⁶ Their clinical records have been brought up to date, and are presented here in greater detail than previously to draw attention to the nature of the illness in young individuals. The patients are listed in order of their distances from the hypocenter.

Nine of the 21 patients were girls. From 9 of the 21, a history of epilation as a symptom of acute radiation sickness was obtained. Five were said to have had purpura. Seventeen were within 1500 meters of the hypocenter. The age distribution at the onset of the disease or at the time of death does not indicate a period of heightened susceptibility. The same is true of the time distribution of these features of the disease.

下の患者を示す。これらの患者は爆心地から6000m未満の距離にあった者である。このうち「方法」の項で述べた医学的調査によってこの疾患が発見された患者はわずか1名にすぎない。その他はすべて疾患の自覚症状が現われてABCCに紹介されたか、あるいは検査を依頼してきた者ばかりである。それぞれ1208mおよび6000mの地点で被爆した2人の患者を除き、他はすべて別の報告の研究対象にもなっている²³⁻²⁶。今日まで引き続いてその臨床記録が取られており、若年者層におけるこの疾患の性格の面への注意を喚起するため、以前より詳細にこれを紹介した。患者は被爆距離順に挙げた。

21名の患者のうち9名は女である。また21名のうち9名の患者は急性放射線症状として脱毛を訴えた。うち5名には紫斑症も現われたという。17名は1500m未満の地域の被爆者である。発病時ないし死亡時年齢の分布は感受性の高揚期を示すものではない。この疾患の上記特性発現の時間的分布についても同様のことが言える。

TABLE 5 IN UTERO PATIENTS WITH ABNORMALITIES OTHER THAN INFECTION OR MICROCEPHALY ASSOCIATED WITH MENTAL RETARDATION

表 5 感染ないし小頭以外の異常に知能の発育の遅れを伴った胎内被爆児

| Case No. 症例番号 | Sex 性別 | Distance 距離 (m) | Duration of Gestation (days) 妊娠期間 (日) | Gestational Age at Time of Bomb (weeks) 原爆時の胎齢 (週) | Age at Last ABCC Exam ABCC最終検査時年齢 年 月 | Diagnoses 疾患名 |
|------------------|-----------|-----------------------|--|---|---|--|
| 77 | F女 | 950 | 294 | 21 | 1 yr 5 mo | Congenital dwarfism, strabismus, nephritis 先天性侏儒, 斜視, 肝炎 |
| 17 | F女 | 1050 | 280 | 10 | 4 yr 7 mo | Primary carcinoma of the liver 原発性肝臓癌 |
| 124 | M男 | 1170 | 266 | 35 | 8 yr 1 mo | Unidentified lipidosis 不詳の脂肪症 |
| 37 | M男 | 1411 | 259 | 12 | 8 yr 4 mo | Psammoma of the brain 脳膜砂腫 |
| 142 | M男 | 1436 | 280 | 32 | 8 yr 0 mo | Congenital absence of several phalanges myopia, microcephaly (-3 S D), normal intelligence 先天性指節欠如, 近視, 小頭 (-3 SD), 知能正常 |
| 102 | F女 | 1450 | 280 | 18 | 5 yr 0 mo | Sacral meningocele with pyelonephritis. Died May 13, 1954 仙骨髄膜瘤, 腎盂腎炎, 1954年5月13日死亡 |
| 162 | M男 | 1730 | 287 | 38 | 9 yr 0 mo | Hypospadias 尿道下裂 |

TABLE 6 TWENTY-ONE PATIENTS WHO DEVELOPED LEUKEMIA BEFORE THE AGE OF NINETEEN YEARS

(January 1949-December 1954, Hiroshima ABCC)

表 6 19歳未満の白血病患者21名
(1949年1月~1954年12月, 広島ABCC)

| Distance 距離 (m) | Sex 性別 | Radiation Symptom 放射線症状 | | Born 出生年月 | | Onset of Leukemia 白血病 発病期 | | Died 死亡年月 | | Periph. Blood 末梢血液 | Marrow 骨髓 | Autopsy 剖検 | Type of Leukemia 白血病型 |
|-----------------------|-----------|-------------------------------|------------|--------------|---------|------------------------------------|---------|--------------|---------|--------------------------|--------------|---------------|--|
| | | Epil 脱毛 | Purp 紫斑 | Yr 年 | Mo 月 | Yr 年 | Mo 月 | Yr 年 | Mo 月 | | | | |
| 870 | M男 | + | - | 42 | 9 | 48 | 9 | 49 | 1 | + | + | - | Granulocytic 骨髓性 |
| 900 | M男 | + | + | 34 | 9 | 51 | 9 | 51 | 12 | + | + | - | Prob. Lymph. リンパ球性と思われる |
| 950 | M男 | + | - | 33 | 3 | 50 | 1 | 50 | 3 | + | - | - | ? |
| 960 | F女 | + | + | 37 | 5 | 49 | 6 | 49 | 8 | + | + | - | Lymphocytic リンパ球性 |
| 980 | M男 | + | + | 35 | 12 | 53 | 6 | 54 | 2 | + | + | + | Granulocytic 骨髓性 |
| 1050 | M男 | + | - | 35 | 5 | 49 | 9 | 51 | 5 | + | + | + | Lymphocytic & Lym- phosarcoma リンパ球性, リンパ肉腫 |
| 1080 | F女 | - | - | 42 | 3 | 50 | 9 | 50 | 12 | + | + | Spleen 脾臓 | Granulocytic 骨髓性 |
| 1090 | F女 | - | + | 37 | 3 | 51 | 7 | 51 | 8 | + | + | - | ? |
| 1100 | F女 | + | + | 32 | 12 | 51 | 8 | 51 | 9 | + | - | - | Lymphocytic リンパ球性 |
| 1130 | F女 | - | - | 42 | 3 | 52 | | 52 | 10 | + | - | + | Lymphocytic リンパ球性 |
| 1200 | F女 | + | - | 44 | 10 | 51 | 8 | 51 | 9 | + | - | - | Lymphocytic リンパ球性 |
| 1208 | M男 | - | - | 39 | 10 | 54 | 11 | Alive 生存 | | + | + | - | Granulocytic 骨髓性 |
| 1280 | F女 | - | - | 43 | 7 | 52 | 7 | 52 | 7 | + | - | + | Lymphocytic リンパ球性 |
| 1290 | M男 | - | - | 40 | 7 | 50 | 4 | 50 | 8 | - | + | - | ? |
| 1300 | M男 | + | - | 44 | 10 | 53 | 9 | 54 | 2 | + | + | + | Lymphocytic リンパ球性 |
| 1340 | F女 | ? | ? | 30 | 12 | 49 | 3 | 49 | 9 | + | + | + | Granulocytic 骨髓性 |
| 1450 | M男 | - | - | 31 | 12 | 46 | 7 | 49 | 12 | + | - | + | Granulocytic 骨髓性 |
| 1530 | F女 | - | - | 41 | 1 | 50 | 2 | 50 | 5 | + | + | + | ? |
| 2110 | M男 | - | - | 83 | 1 | 50 | 3 | 50 | 4 | + | + | + | Prob. Lymph. リンパ球性と思われる |
| 5420 | M男 | - | - | 41 | 11 | 49 | 6 | 49 | 7 | + | - | - | ? |
| 6000 | M男 | - | - | 38 | 10 | 54 | 4 | 54 | 9 | + | - | + | Granulocytic 骨髓性 |

The aberrant cellular type in 7 cases was granulocytic, in 7 lymphocytic, in 2 probably lymphocytic, and in 5 cases was uncertain. One patient with lymphocytic leukemia was also shown to have lymphosarcoma.

7例に骨髓性, 7例にリンパ球性, 2例にリンパ球性と思われる異常細胞型を認めたが, 残り5例の場合には不明である。リンパ球性白血病患者1名にはリンパ肉腫も認めた。

The biostatistical analysis of the incidence of leukemia among survivors less than 10 years of age at the time of exposure (born in 1935 or later) is summarized in Table 7A and 7B.

The difference in the incidence of leukemia at a distance of less than 2000 meters as compared with that of 2000 meters and beyond is very striking (Table 7B). The incidence of leukemia in the former group is more than 10 times that of the more distant group. Such an incidence would occur less than once in 50,000 times assuming that the incidence of leukemia follows a Poisson distribution. The comparison of cases in patients exposed at less than 1500 meters from the hypocenter with those in patients beyond this distance reveals a difference which is even more striking (Table 7A).

被爆時年齢が10歳以下であった生存者を対象とする白血病発生に関する生物統計学的解析の結果を総括して、表7A(1935年以後の出生者)および表7Bに示す。

2000m未満と2000m以遠の群における白血病発生率には著明な差がある(表7B)。前者における白血病発生率は後者のそれに比較して10倍も高い。白血病発生率がPoisson分布の法則に従うものとすれば、このようなことが起こる可能性は50,000回に1回以下ということになる。1500m未満と1500m以遠の群を比較するとその差はいよいよ大きくなる(表7A)。

TABLE 7 INCIDENCE OF LEUKEMIA AMONG SURVIVORS BORN IN 1935 OR LATER WHO RESIDED IN HIROSHIMA DURING 1949-1954
表 7 1935年以後に出生した広島在住の被爆者における1949~1954年の白血病発生率

| Category 区 分 | A | | B | |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | Distance 距 離 (m) | | Distance 距 離 (m) | |
| | Less than 1500 1500未満 | 1500 and beyond 1500以上 | Less than 2000 2000未満 | 2000 and beyond 2000以上 |
| Population 人 口 | 1,590 | 18,030 | 5,060 | 14,560 |
| No. of cases 症例数 | 10 | 4 | 11 | 3 |
| Incidence per 1,000 1,000人当たり発生率 | 6.29 | 0.22 | 2.17 | 0.21 |

Hypoplastic Anemia: One survivor of less than 19 years of age is known by the ABCC to have developed hypoplastic anemia. A girl exposed to the bomb at the age of 4½ years at a distance of 1670 meters from the hypocenter suffered only mild diarrhea with slightly bloody stools 3 weeks after the exposure. In April, 1951, pallor was first noted. Hypoplastic anemia was diagnosed. The patient died in February, 1954. A necropsy confirmed the clinical diagnosis.

Other Patients with Hemoglobin Levels Less Than 10 g/100 ml: In 1954, 19 of the 2157 patients (0.88 per cent) within 1800 meters of the hypocenter had hemoglobin levels of less

低形成性貧血: ABCCの調査では19歳以下の被爆生存者に1名の低形成性貧血が認められている。それは4½歳で爆心地から1670mの地点で被爆し、被爆後3週間目にはわずかに血便を伴う軽度の下痢があっただけの少女である。1951年4月に至って始めて顔色が蒼白であるのに気づき、低形成性貧血と診断された。この患者は1954年2月に死亡している。剖検の結果臨床診断に誤りのなかったことが確認された。

血色素量が10g/100ml以下に下ったその他の患者: 1954年の調査によれば、血色素量が10g/ml以下に下った者が1800m以遠の被爆者では2250名中21名(0.98%)あったのに対し、1800m未満の被爆者では2157名

than 10 g/100 ml, as compared with 21 of the 2250 (0.98 per cent) beyond this distance. All cases occurred in subjects with chronic infection, hookworm infestation, or iron deficiency. Of these, 5 within 1800 meters and 3 beyond that distance had hemoglobin levels lower than 8 g/100 ml.

中に19名(0.88%)あった。いずれも慢性感染症、十二指腸虫症、ないし鉄欠乏症患者に認められたものである。このうち1800m未満の被爆者に属する5名、および1800m以遠の被爆者に属する3名では、血色素量は8 g/100 ml 以下であった。

TABLE 8 INCIDENCE OF VISUAL DISABILITY
(Hiroshima ABCC Pediatrics Department Jan.-Dec. 1954)
表 8 視力障害発生率
(広島ABCC小児科, 1954年1月~12月)

| Age Groups (years) 年齢群 | Distance from Hypocenter 爆心地からの距離 (m) | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------|------------|----------------------------------|------|---------------------|----------------------------------|-----|
| | 1500 and under 1500以下 | | | 1501-1800 | | | Over 1800 1800以上 | | |
| | Total 計 | With Defective Vision 視力障害 | | Total 計 | With Defective Vision 視力障害 | | Total 計 | With Defective Vision 視力障害 | |
| | | No. 例数 | % | | No. 例数 | % | | No. 例数 | % |
| 8-11 | 437 | 31 | 7.1 | 441 | 22 | 5.0 | 981 | 39 | 4.0 |
| 12-15 | 491 | 42 | 8.6 | 451 | 39 | 8.6 | 906 | 74 | 8.2 |
| 16-19 | 171 | 35 | 20.5 | 166 | 35 | 21.1 | 361 | 33 | 9.1 |
| Total 計 | 1099 | 108 | 9.8 | 1058 | 96 | 9.1 | 2248 | 146 | 6.5 |

| Age Groups 年齢群 | Chi-square カイ自乗値 | P | Significance 有意性 |
|-------------------|---------------------|----------|---------------------|
| 8-11 | 6.250 | .05-.02 | Doubtful 疑わしい |
| 12-15 | 0.116 | .95-.90 | No なし |
| 16-19 | 18.768 | .001 | Yes あり |
| Total 計 | 13.631 | .01-.001 | Yes あり |

Abnormalities of the Eye

Studies of cataracts among survivors of the atomic bomb have been reported elsewhere.⁷ A detailed investigation of this defect among those exposed to ionizing radiation early in life has not been performed. Although small cataracts were occasionally seen on ophthalmoscopic examination of individuals 19 years of age and younger during 1954, none interfered with vision.

眼の異常

被爆者の白内障に関する研究については、別に報告が行なわれている。⁷ 若くて被爆した者に見られるこの種の障害については、まだ詳しい調査が行なわれていない。1954年行なわれた19歳以下の患者の検眼では時には軽度の白内障が発見されたが、視力障害を伴ったものは1例もなかった。

Four patients had sequelae involving the eye as a result of the blast effect of the bomb. One had a scar causing ectropion, 2 had had unilateral enucleations, and 1 had unilateral optic atrophy.

Each patient examined during the year was given a test of visual acuity.

Method: The patient read a Snellen eye chart at a distance of 20 feet with each eye alternately covered. Those with vision of 20/70 or worse in 1 eye were listed as abnormal. Astigmatism was not differentiated from myopia. Patients with other defects of the eye which were detectable by ophthalmoscopic examination and which limited vision were excluded from the listing.

Table 8 shows the results obtained.

It was found that there was no significant difference in incidence between the sexes, so the data for males and females have been combined. In each age group there is a decrease in the incidence of visual disability among those more than 1800 meters as compared with those within 1800 meters of the hypocenter. For those 8 to 11 years of age this difference is of doubtful significance, for those 12 to 15 years old it is not significant, but for subjects 16 to 19 years of age it is highly significant. Further study must be done to determine the nature of the alteration in physiology.

Incidence of Chronic Otitis Media

Infection among those in the pediatric group at the ABCC is uncommon. Chronic otitis media is the infectious disease most often found in individuals less than 19 years of age. Thus it provides the only indicator presently available for comparing the susceptibility to infection of exposed and nonexposed young people. As may be seen in Table 9, the proportions of those with chronic otitis media decreased as the distance from the hypocenter increased in each age group of males and all age groups combined for both males and females, but these differences were not significant according to the chi-square test.

爆風の後遺症として眼科障害の認められた者が4名あった。すなわち、1名に瘢痕による眼瞼外反症が認められ、2名は1眼を摘出しており、1名に1眼の視神経萎縮が認められた。

この年の被検者についてはそれぞれ視力検査が行なわれた。

方法: 片方の眼を交互におおい、20フィートの距離から被検者にSnellen視力表を読ませた。1眼の視力が20/70以下であった者は表に異常として記載した。乱視と近視の区別は行なわなかった。その他の眼の障害で検眼の際それが発見され、視力を制限すると認められた者は、表の記載から除いた。

表8はその結果を示したものである。

男女間の罹病率には有意の差は認められなかったから、男女の資料は合併した。各年齢群を通じ、1800m未満の被爆者に比べて1800m以遠の地にあった者には視力障害率が低かった。この差は8~11歳階級では疑わしく、12~15歳階級でも有意でないが、16~19歳では高度に有意である。生理学的変化の本質を究明するためには、さらにこの研究を進める必要があろう。

慢性中耳炎の罹病率

ABCCの小児例では、感染症例はまれである。慢性中耳炎は19歳以下のものに最も多く認められる感染性疾患であって、被爆および非被爆若年者の感染に対する感受性を比較するに当たって、目下入手できる唯一の指標を提供する。表9に示すように、慢性中耳炎患者の割合は、男の各年齢群および男女それぞれの全年齢群においては爆心地からの距離が増すにつれて減少している。しかし、カイ自乗検定によれば、これらの差に有意性は認められない。

TABLE 9 INCIDENCE OF CHRONIC OTITIS MEDIA AMONG PEDIATRICS PATIENTS
(January-December 1954)

表 9 小児科患者における慢性中耳炎の罹病率
(1954年1月~12月)

| Age Groups (years) 年齢群 | Distance from Hypocenter 爆心地からの距離 (m) | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------|-----------|-------------|---------------------|-----------|--|---------------------|-----|
| | 1500 and under 1500以下 | | | 1501-1800 | | | Over 1800 and Nonexposed 1800以上および非被爆 | | |
| | Total 合計 | Otitis Media 中耳炎 | | Total 合計 | Otitis Media 中耳炎 | | Total 合計 | Otitis Media 中耳炎 | |
| No. 例数 | | % | No. 例数 | | % | No. 例数 | | % | |
| (A) Males 男児 | | | | | | | | | |
| 8-13 | 353 | 16 | 4.5 | 353 | 14 | 4.0 | 806 | 27 | 3.3 |
| 14-19 | 202 | 6 | 3.0 | 195 | 5 | 2.6 | 399 | 7 | 1.8 |
| Total 合計 | 555 | 22 | 4.0 | 548 | 19 | 3.5 | 1208 | 34 | 2.8 |
| (B) Females 女児 | | | | | | | | | |
| 8-13 | 376 | 9 | 2.4 | 360 | 5 | 1.4 | 708 | 10 | 1.4 |
| 14-19 | 168 | 2 | 1.2 | 150 | 1 | 0.7 | 332 | 3 | 0.9 |
| Total 合計 | 544 | 11 | 2.0 | 510 | 6 | 1.2 | 1040 | 13 | 1.2 |
| (C) All ages combined 全年齢合計 Males 男児 | 555 | 22 | 4.0 | 548 | 19 | 3.5 | 1208 | 34 | 2.8 |
| Females 女児 | 544 | 11 | 2.0 | 510 | 6 | 1.2 | 1040 | 13 | 1.2 |

| Sex 性 | Chi-square カイ自乗値 | P | Significance 有意性 |
|-----------|---------------------|---------|---------------------|
| Male 男児 | 1.712 | .30-.50 | No なし |
| Female 女児 | 1.821 | .30-.50 | No なし |

A statistically significant difference in the incidence of this disease between boys (3.2 per cent) and girls (1.4 per cent) was found. This may be attributable to the greater participation of boys in swimming in the rivers. Japanese physicians and parents are of the opinion that otitis media occurs commonly after indulging in this sport.

To determine if the presence of chronic otitis media affects the hematopoietic activity of heavily radiated persons, the means for the hematologic values of the peripheral blood of patients in the 4 exposure categories were compared (Table 10) and found to be virtually the same.

男児 (3.2%) と女児 (1.4%) の比較では、この疾患の罹病率に統計学的に有意の差が認められた。これは河川での水泳に男児が多く参加することに帰因するものであろう。日本人医師および親たちによれば、中耳炎はこの運動のあとで起きるといふ。

慢性中耳炎の存在が強度の放射能を受けた者の造血作用に影響を及ぼすかどうかを明確にするため、4つの被爆距離区分に属する患者の末梢血液の平均血液値を比較したが、(表10) その結果は、ほとんど同じであった。

TABLE 10 HEMATOLOGY VALUES FOR PATIENTS WITH CHRONIC OTITIS MEDIA IN THE VARIOUS DISTANCE CATEGORIES (January-December 1954)

表 10 被爆距離別慢性中耳炎患者の血液値 (1954年1月~12月)

| Distance* 距離 | No. of Patients 患者数 | RBC 赤血球数 | Hb 血色素 | Hct ヘマトリット | MCV 平均血球容積 | MCH 平均血球血色素量 | MCHC 平均血球血色素濃度 | WBC 白血球数 | Neut. 好中球 | Neut. Band 桿状好中球 | Lymph. リンパ球 | Mono. 単球 | Es. Band 好酸桿状球 | Es. 好酸球 | Baso. 好塩基球 | % with Corrected Sed. Rate above 20mm/hr 20mm/時以上の修正沈降率を有する者の% |
|------------------------|------------------------|-------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------|--------------|---------------------|----------------|-------------|-------------------|------------|---------------|---|
| 1500 & under 1500以下 | 33 | 4.28 | 11.96 | 39.79 | 5.62 | 28.23 | 30.16 | 6657 | 51.6 | 3.7 | 29.5 | 8.5 | 6.0 | 0.02 | 0.5 | 18.2 |
| 1501-1800 | 25 | 4.28 | 12.2 | 39.69 | 2.32 | 8.53 | 30.96 | 6946 | 53.1 | 3.2 | 30.3 | 7.3 | 5.3 | 0.2 | 0.5 | 4.0 |
| 1801-2999 | 7 | 4.32 | 12.32 | 39.39 | 4.02 | 9.53 | 31.81 | 3255 | 55.0 | 4.6 | 23.9 | 8.7 | 6.4 | 0.3 | 0.8 | 14.3 |
| 3000-3500 | 37 | 4.26 | 12.02 | 39.59 | 3.02 | 8.33 | 30.46 | 589 | 51.6 | 4.5 | 29.5 | 8.1 | 5.6 | 0.2 | 0.5 | 16.2 |

* Distance from hypocenter in meters. 爆心地からの距離 (単位 m)

Tumors

Except for leukemia the number of malignant and benign tumors among our pediatric patients has been very small. Other than the patients described above in the *in utero* group, there has been only 1 child with malignant disease seen since 1951. That patient, who had Hodgkin's disease, had not been exposed to the atomic bomb.

Study of Death Rate

The death rates of the exposed as compared with the nonexposed population may provide a measure of the premature aging effect of ionizing radiation. Of pediatric patients seen in survey studies since 1951, the death certificates of those who have succumbed are being analyzed, but the data is not ready for interpretation at this time.

Sequelae of the Blast and Heat of the Bomb

Of 2771 patients in the pediatric group seen in 1954 who were within 3000 meters of the hypocenter at the time of exposure, 24 had sequelae other than well-healed scars (Table 11).

DISCUSSION

Embryologic Effects

Findings at the Hiroshima ABCC indicate that until 9 years after exposure to the atomic bomb,

腫瘍

白血病を除けば、当小児科患者に悪性および良性腫瘍例はきわめて少ない。胎内群においては上述患者を除き1951年以後、悪性疾患患者は1名あっただけである。ホジキン病患者がそれであって被爆はしていない。

死亡率の調査

被爆者群の死亡率と、非被爆者群の死亡率を比較すれば、電離放射線の早期加齢効果を測る尺度が得られることになろう。1951年以後の調査で観察した小児科患者で死亡したものの死亡証明書を解析中であるが、現在のところまだその資料について説明を加えるまでには至っていない。

爆風および爆熱の後遺症

被爆時に爆心地から3000m以内にいたもので、1954年に診察した小児科群患者2771名のうち24名に後遺症(治癒瘢痕を除く)が認められた(表11)。

考案

胎生学的影響

広島ABCCにおける所見は、被爆後9年までの間に胎内被爆者に認められた唯一の影響は、時に知能遅滞

TABLE 11 SEQUELAE OF THE BLAST OR THERMAL ENERGIES OF THE HIROSHIMA ATOMIC BOMB OTHER THAN WELL-HEALED SCARS, AMONG PATIENTS LESS THAN TEN YEARS OF AGE AT THE TIME OF EXPOSURE (January-December 1954)

表 11 広島原子爆弾被爆時に10歳以下であった患者に認められた治療痕以外の爆風ないし熱エネルギーの後遺症 (1954年1月～12月)

| Disease 疾患 | Distance 距離 (m) | | |
|--|------------------------|-----------|-------------|
| | Within 2000 2000m以内 | 2001-3000 | Total 合計 |
| Osteomyelitis 骨髓炎 | 2 | 0 | 2 |
| Eye abnormalities 眼の異常 | 3 | 0 | 4* |
| Cosmetically or physically deforming scars 容貌または身体を傷つけた痕 | 9 | 4 | 14† |
| Paralysis 麻痺 | 3 | 0 | 3 |
| Foreign body (glass) 異物(ガラス) | 3 | 0 | 3 |
| Total 合計 | 20 | 4 | 26 |

*One patient's distance is unknown. 1名の患者の爆心地からの距離不明

†One patient's distance was 3180 meters (mild keloid).

1名の患者の爆心地からの距離3180m (軽度のケロイド)

the only effect on the individual exposed *in utero* is limitation of head growth sometimes associated with mental retardation. Although the number of cases was too small to permit conclusions to be drawn on the basis of statistical analysis of the data, the pattern seems quite clear: in the susceptible group (primarily those 7 to 15 weeks of gestational age at the time of exposure), the head circumference is more often small and more markedly so if the individual was close to the explosion. The distribution of the 15 patients with mental retardation associated with microcephaly also indicates a relationship to the distance from the hypocenter at the time of exposure. Small stature is a common accompaniment of these defects in the Hiroshima group. The facts that embryologic defects have been produced experimentally by ionizing radiation and that microcephaly with mental retardation has occurred among children born of women treated with this physical agent while pregnant, leads one to suspect that the ionizing radiation component of the atomic bomb was largely responsible for the occurrence.

を伴う頭部発育不全であったことを示している。資料の統計学的解析に基づいて結論を引き出すには症例数が少なすぎるが、その像はきわめて明白なようである。すなわち、放射線に対する感受性の高い群（主として被爆時に胎齢7～15週の間にあった者）においては、爆心地に近接していた者ほど頭囲の小さい例が多く、その度合いもいっそう顕著である。小頭症を伴う知能遅滞児15名の分布にも被爆時の爆心地からの距離との関係が認められる。広島の被爆者群ではこれらの欠陥があれば、普通背丈も低かった。胎生学的な欠陥が電離放射線によって実験的に誘発されているという事実、ならびに知能遅滞を伴う小頭症がこれまでこの物理的作用によって治療を受けた婦人に生まれた子供に生じているという事実は、原子爆弾構成要素の電離放射線がその発生の主因をなしているのではないかという疑念をもたせる。

Although there is a scattering of patients exposed *in utero* who have had major ailments, the differences in incidence between exposure groups do not at present suggest that they are sequelae of the exposure.

Most of the patients with mental retardation associated with microcephaly were born of mothers within 1500 meters of the bomb, and most of these women suffered major acute radiation symptoms. This suggests that to produce the only radiation-induced malformation known to occur in the human, a large dose of this physical agent is necessary. It is possible that different environmental factors could protect or predispose embryos or fetuses to this detrimental effect, or that lesser doses are sometimes lethal.

Blood Diseases

The data indicate that leukemia is induced in individuals younger than 19 years of age as the result of a single exposure to ionizing radiation. There are no cases among those who were *in utero* at the time of detonation of the bomb. The incidence of the disease in the pediatric group is about the same as that described by Moloney and Kastenbaum²⁸ for survivors of all ages who gave histories of major acute radiation symptoms. Only about one-half of the patients listed in Table 3 gave such a history. However, the reliability of this information is less than that for persons who were mature at the time of exposure. None of the leukemia-affected patients in the pediatric group lived longer than 2 years. To date, for young leukemic individuals there seems to be no period of heightened susceptibility related to the patient's age at the time of exposure, to the time of onset or to the time of death.

There is no evidence at present that in the pediatric group aplastic anemia or other blood dyscrasias are consequences of exposure to the Hiroshima atomic bomb.

Eye Abnormalities

Cataracts: No further comments on this defect among the pediatrics group can be made on the basis of observations made in 1954.

主要症状を呈した胎内被爆患者は散在するが、比較群間の罹病率の差からみたところでは、現在のところそれらが原爆後遺症であるとは思われない。

小頭症を伴う知能遅滞児の大部分は爆心地から1500 m以内にあった母親から生まれており、これらの婦人の大部分は主要急性放射線症状を呈した人たちである。人間に起きることがわかっているこの唯一の放射線誘発性奇形を作り出すには、この物理力が多量に必要であることがこれによって示唆される。環境的要因が異なればこの有害な影響から胎児を保護することもできようし、逆に感染性を賦与することもできるだろうということ、あるいはより少量の線量でも時には致死的である場合もありうるということが考えられる。

血液疾患

資料によれば、この電離放射線の1回照射を受けた結果、白血病が年齢19歳以下の若年者に誘発されることがわかる。胎内被爆児にはこの疾患はない。小児科群におけるこの疾患の発現率は、主要急性放射線症状の病歴をもつ全年齢群の被爆生存者について Moloney および Kastenbaum²⁸ が報告した発現率とほぼ同じである。表3に記載された患者の約半がこのような病歴をもったにすぎない。しかしこの資料の信頼度は被爆時にすでに成年に達していた者のそれに比べて少ない。小児科群では白血病患者で2か年以上生きていたものはなかった。今日までのところ若年白血病患者については被爆時の年齢、発病時期または死亡時期によって感受性が高められたというようなことはなかったようである。

現在小児では無形成性貧血またはその他の血液疾患が広島原爆被爆の結果であるという証拠はなにもない。

眼の異常

白内障: 小児科群におけるこの障害については1954年に行なった観察に基づいて改めて論評を加える余地はない。

Visual Disability: The increased incidence of visual disability that exists for those now 16 to 19 years of age who were within 1800 meters of the hypocenter requires further definition. Detailed ophthalmologic examination is necessary to determine the pathologic physiology in each case.

Susceptibility to Infections

The present plan of the medical examination performed at the ABCC does not give information on the incidence and nature of acute infections. In the pediatric group, the only chronic infection which occurs with sufficient frequency to permit such a study is otitis media. There was no significant difference between the 2 exposure groups in the characteristics of this disease 6 years after the detonation of the bomb.

Tumors

In the period that has elapsed since the detonation of the Hiroshima atomic bomb, there is no evidence that tumors other than leukemia have occurred.

Fear of Late Effects

Although there are no data to present in scientific form, it is our impression, that, as would be expected, the fear of late effects is very common. The concern of parents and of adolescents is occasionally detectable if rapport can be satisfactorily established. It is possible that the emotional disturbance that is so produced is the commonest late effect that is potentially disabling. If accident proneness is a measure of this emotional effect, the incidence of accidental deaths for the exposed group will exceed that for the nonexposed. Thus far, the data from the pediatric group are inadequate for evaluating this.

Other Possible Late Effects of Exposure to Ionizing Radiation

Of the chronic ailments not mentioned previously in the report, none was apparently related to the exposure to ionizing radiation. Furth and his associates¹⁸ found an increased incidence

視力障害：爆心地から1800m以内の地点にあり現在16～19歳に達しているものにみられる視力障害発現率の増加については、さらに解明を加える必要がある。各症例の病理生理学を明らかにするためには精密な眼科検査を行なう必要がある。

感染に対する感受性

ABCCで現在実施している医学的検査の計画では、急性感染の発現率ならびにその性状についての資料は提供していない。小児科群において、このような研究を行なうに足りるだけの頻度をもって現われている唯一の慢性感染は中耳炎であるが、原爆炸裂後9年を経過して2つの比較群におけるこの疾患の特性に有意の差は認められなかった。

腫瘍

広島に原子爆弾が投下されて以来まだ白血病以外には腫瘍の発生は認められない。

後影響に対する不安

科学的資料による立証はできないが、予想されるように後影響に対する不安がきわめて広く存在するということがわれわれの得た印象である。子供の親や思春期にある青年男女にみられるこの懸念は、もし患者の協力を十分にうることができれば、探索できるであろう。このようにして起きる不安が障害をもたらす最も普通の後影響であるとも考えられる。もし事故を起こす傾向のあることがこの不安を測る尺度であるとするならば、被爆者群の事故死は非被爆者群のそれよりも多いことになるであろう。今までのところ小児科群から入手した資料は、このような判定に用いるには不十分である。

その他電離放射線照射による後影響の可能性が考えられるもの

本報告において今まで言及しなかった慢性疾患には電離放射線照射との関係が明白なものはない。Furthら¹⁸は核爆発実験に用いたマウスの一系統に紅

of degenerative changes of the irises of one strain of mice exposed to an experimental nuclear detonation. Among the pediatric patients seen at the ABCC there was no indication of a special grouping of degenerative changes.

The rapport of physicians of the ABCC with their patients is similar to that of the school physician in the United States with the school children. For this reason it is difficult to administer drugs as stimuli to determine the pharmacologic response of the persons examined in Hiroshima. Therefore it is the current concept that observations can only be made on the "experiments" provided by stresses that coincidentally take place. Only 1 such opportunity was recognized in 1954. The mean hematologic values of patients with chronicotitis media were compared to determine if the blood response varied with the distance from the hypocenter. No difference was found.

Death Rate

This study, at present inconclusive, is considered to be one of the most important of those being carried out in the 2 bombed cities. Animal experimentation has indicated the possibility that exposure to ionizing radiation may shorten the life span. The application of this finding to the human being is to be determined.

Table 12 simplifies the visualization of the known late effects of ionizing radiation in man or animals, and the sources from which the information has been derived. Attention is called to the abnormalities which have *not* occurred among the Japanese survivors.

Sequelae of the Blast and Thermal Energies of the Atomic Bomb

It is commonly thought that the number of individuals now in need of surgery for injuries produced by the burns and the mechanical trauma of the atomic bomb is high. One per cent of those examined in 1954 who were within 3000 meters of the hypocenter at the time of detonation of the bomb have such defects. Some patients with these defects were not seen at the ABCC because they are under the care of special groups. It is doubtful that there are many such patients less than 19 years of age.

彩の退行性変化の発現率増加を認めた。ABCCにおいて観察した小児科患者には特定の退行性変化群が現われるという徴候はない。

ABCCの医師とその患者との協力関係は、米国における学校医と生徒とのそれに類似している。この故に広島に被検者においては刺激剤を投与して薬理学的反応を決定するという事は困難である。したがって、現在は偶発的ストレスによって機会と提供された「実験」についてのみ観察を行なうことができるというふうに考えている。1954年にただ1回このような機会が訪れた。すなわち、爆心地からの距離によって血液反応に差が現われるかどうかを決定するため、慢性中耳炎患者の平均血液値の比較を行なったが、差は認められなかった。

死亡率

本調査は現在はまだ結論に到達していないが、被爆両市において実施されている調査のうちでは最も重要なものの一つと考えられている。動物実験は電離放射線照射による寿命短縮の可能性を示した。この所見を人間に適用した結果を明らかにしようというのである。

表12は、人間または動物における既知の電離放射線の後影響およびそれら資料の出所源を簡単に表にして示したものである。日本人の被爆生存者にはまだ見られない異常があることに注意を喚起したい。

原子爆弾の爆風および熱エネルギーによる後遺症

原爆による火傷および外傷によって生じた損傷に対し、現在外科手術を必要とする人の数は大きいと一般に考えられている。原爆炸裂時、爆心地から3000m以内にいたもので1954年に検査を受けた人々の1%にこのような障害がある。これらの障害をもつ患者には特別な医療を受けていたため、ABCCでは診察を受けなかった者もある。19歳以下の者にこのような患者が多数いるとは思われない。

TABLE 12 KNOWN LATE EFFECTS OF EXPOSURE TO IONIZING RADIATION*

表 12 電離放射線照射の後影響*

| Abnormality 異常 | Animal Experimentation 動物実験 | Human 人間 | |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| | | X-ray Over-exposure X線照射過度 | ABCC Finding ABCC 所見 |
| Leukemia 白血病 | yes あり | yes あり | yes あり |
| Aplastic anemia 無形成性貧血 | yes あり | — | — |
| Cataracts 白内障 | yes あり | yes あり | yes あり |
| Genetic mutations 遺伝的変異 | yes あり | — | — |
| Infertility of individual irradiated in utero 胎内照射を受けたものの不妊症 | yes あり | — | — |
| Maldevelopment of the head following in utero exposure 胎内被爆後の頭部発育不良 | yes あり | yes あり | yes あり |
| Other anomalies following in utero exposure 胎内被爆後のその他の奇形 | yes あり | — | — |
| Retarded bone growth 骨格の発育遅延 | yes あり | yes あり | ? |
| Hypoplasia of dental enamel 歯牙珐瑯質の形成不全 | yes あり | yes あり | ? |
| Increased dental caries 齲齒増加 | — | — | ? |
| Defective vision, cause unknown 視力不良, 原因不明 | — | — | yes あり |
| Premature Aging 早期加齢 | | | |
| Loss of vigor 元気の喪失 | yes あり | — | — |
| Early greying of hair 若白髪 | yes あり | — | — |
| Increased frequency of hypertension 高血圧症の頻発 | yes あり | — | — |
| Diminished resistance to infection 感染に対する抵抗減退 | yes あり | — | — |
| Reduced life span 寿命の短縮 | yes あり | — | — |
| Tumors 腫瘍 | | | |
| Lung 肺臓 | yes あり | — | — |
| Ovary 卵巣 | yes あり | no (?) なし | — |
| Uterus 子宮 | yes あり | — | — |
| Breast 乳房 | yes あり | — | — |
| Skin 皮膚 | yes あり | yes あり | — |
| Bone 骨格 | yes あり | yes あり | — |
| Pituitary 下垂体 | yes あり | — | — |

* See text for references. 文献については本文を参照のこと。

SUMMARY AND CONCLUSIONS

Thirty-three children who were exposed while *in utero* to the Hiroshima atomic bomb have head circumferences 2 or more standard deviations below normal. Twenty-four of these were between the seventh and fifteenth week of gestational age at the time of detonation of the bomb. The incidence and the severity of microcephaly increases as the distance from the hypocenter decreases. Mental retardation occurred in 15 of the 33 patients. The incidence of this defect was also related to distance from the hypocenter and gestational age. No other embryologic effects of exposure to the atomic bomb have been detected to date.

In 6 years ending in December, 1954, 19 persons who were within 2100 meters of the hypocenter have developed leukemia before attaining the age of 19 years. The annual incidence of this disease among those who were within 1500 meters and who were younger than 10 years of age at the time of exposure is 1:1000.

There are no cataracts that impair vision among the present pediatric group. An increased incidence of a mild visual disability, the cause of which is thus far indefinite, has been found among those now 16 through 19 years of age who were within 1800 meters of the bomb center. The incidence of chronic otitis media is the same for the 2 exposure groups, as are the means of the hematologic values for the patients with this ailment. There is no increase in the tumor incidence of the exposed children as compared with the nonexposed. There are no data to prove it, but the impression is that among the survivors the fear of late effects may be common and potentially disabling. Of those 19 years of age and younger, there were 2771 within 3000 meters of the hypocenter at the time of detonation of the bomb who were examined in 1954. Twenty-four of these had sequelae of the blast or thermal effects of the bomb other than well-healed scars. No other abnormalities related to atomic bomb exposure have been identified.

総括および結論

広島原爆時に胎内で被爆した子供について観察したところでは、33名の頭囲が正常よりも2 SD以上小さかった。このうち24名は、原爆炸裂時には第7週から第15週までの胎児であった。爆心地に近いほど小頭症の発現率および重篤さは増す。知能遅滞は対象者33名中15名に認められた。この障害の発現率にも爆心地からの距離および妊娠期との関連が認められた。そのほかには被爆の胎生学的影響は今までのところ発見されていない。

1954年12月を終期とする6年間に、爆心地から2100 m以内にいた19名のものに、満19歳到達前に白血病が現われた。被爆時1500 m以内にいて10歳以下であったもの場合は、この疾患の年間発生率は1:1000である。

今回の調査の対象とした小児科群には視力を損うほどの白内障はない。軽度の視力障害の発現率増加が、原因はまだ明らかでないが、爆心地から1800 m以内にいた16~19歳までのものに認められた。慢性中耳炎の発現率はこの疾患を有する患者の平均血液値と同様、これら2つの比較群では同じである。被爆児の腫瘍発現率も非被爆児に比べて多くない。資料によって立証することはできないが、被爆生存者の間では後影響に対する不安が広く存在し、これが障害をもたらす可能性があり得ると感じられる。19歳以下の若年者のうち原爆炸裂時、爆心地から3000 m以内にいて1954年に検査を受けたものは2771名であった。これらのうち24名に爆風または放射熱による後遺症（治癒瘢痕を除く）が認められた。そのほかには被爆に関連した異常を明らかにすることはできなかった。

The review of the literature and the data presented in this report describe the late effects of exposure of young subjects to ionizing radiation or to nuclear weapons as known in the early part of 1955. The new information may be useful in the further definition of the tolerance of humans to ionizing radiation.

文献および本報告書に提示した資料を検討して、1955年初頭までに判明した若年者に現われる電離放射線または核兵器放射線照射の後影響について述べた。電離放射線に対する人間の耐性を更に明確にするにはこの新しい資料が役立つかも知れない。

REFERENCES

参 考 文 献

1. Kaplan, H. S.: Influence of age on susceptibility of mice to development of lymphoid tumors after irradiation. *J. Nat. Cancer Inst.*, 9: 55, 1948.
(放射線照射後リンパ性腫瘍発生に対するマウスの感受性におよぼす年齢的影響)
2. Furth, J.: Recent studies on the etiology and nature of leukemia. *Blood*, 6: 964, 1951.
(白血病の病因および性状に関する最近の研究)
3. March, H. C.: Leukemia in radiologists in a 20 year period. *Am. J. M. Sc.*, 220: 282, 1950.
(20年間に認められた放射線科専門医師の白血病)
4. Peller, S., and Pick, P.: Leukemia and other malignancies in physicians. *Am. J. M. Sc.*, 224: 154, 1952.
(医師の白血病およびその他の悪性腫瘍)
5. Ulrich, H.: Incidence of leukemia in radiologists. *New England J. Med.*, 234: 45, 1946.
(放射線科専門医師の白血病の発現率)
6. Lorenz, E.: Some biologic effects of long continued radiation. *Am. J. Roentgenol.*, 63: 176, 1950.
(長期間継続的に照射を行なった放射線の生物学的影響)
7. Ham, W. T.: Radiation cataract. *Arch. Ophth.*, 50: 618, 1953.
(放射線性白内障)
8. Muller, H. J.: Radiation damage to the genetic material. *Am. Scientist*, 38: 33, 1950.
(遺伝質に対する放射線障害)
9. Charles, D. R.: Radiation-induced mutations in mammals. *Radiology*, 55: 579, 1950.
(哺乳動物における放射線誘発の突然変異)
10. Rugh, R.: Vertebrate radiobiology: Embryology, in *Annual Review of Nuclear Science*, vol. 3, edited by Beckerley, J. G. Stanford, Annual Reviews, Inc., 1953, pp. 271-302.
(脊椎動物放射線学: 胎生学)
11. Russell, L. B., and Russell, W. L.: Radiation hazards to the embryo and fetus. *Radiology*, 58: 369, 1952.
(胚および胎児に対する放射線危害)
12. Warkany, J., and Schraffenberger, E.: Congenital malformations induced in rats by roentgen rays. *Am. J. Roentgenol.*, 57: 455, 1947.
(X線によってラットに誘発した先天性奇形)
13. Hicks, S. P.: Developmental malformations produced by radiation. *Am. J. Roentgenol.*, 69: 272, 1953.
(放射線によって生じた発育上の奇形)
14. Murphy, D. P.: Maternal pelvic irradiation, in *Congenital Malformations*, 2nd Ed. Philadelphia, Lippincott, 1947, pp. 87-100.
(母親の骨盤への放射線照射)
15. Furth, J., and Upton, A. G.: Vertebrate radiobiology: Histopathology and carcinogenesis, in *Annual Review of Nuclear Science*, vol. 3, edited by Beckerley, J. G. Stanford, Annual Reviews, Inc., 1953, pp. 303-338.
(脊椎動物放射線学: 組織病理学および発癌現象)
16. Bennett, L. R., Chastain, S. M., Flint, J. S., Hansen, R. A., and Lewis, A. E.: Late effects of roentgen irradiation. I. Studies on rats irradiated under anoxic anoxia. *Radiology*, 61: 411, 1953.
(X線照射の後影響. I. 酸素欠乏性酸素欠乏症で放射線照射を受けたラットの研究)
17. Blair, H. A.: A formulation of the injury, life span, dose relations for ionizing radiations. I. Application to the mouse. *Atomic Energy Project report*, UR-206, 1952.
(電離放射線に係る損傷, 寿命, 線量関係の公式 | マウスへの応用)
18. Furth, J., Upton, A. C., Christenberry, K. W., Benedict, W. H., and Moshman, J.: Some late effects in mice of ionizing radiation from an experimental nuclear detonation. *Radiology*, 63: 562, 1954.
(核爆発実験による電離放射線のマウスにおける後影響)

19. Upton, A. C., and Furth, J.: Induction of pituitary tumors by means of ionizing irradiation. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.*, 84: 255, 1953.
(電離放射線照射による下垂体腫瘍の誘発)
20. Wilson, J. G., Brent, R. L., and Jordan, H. C.: Neoplasia induced in rat embryos by roentgen irradiation. *Cancer Research*, 12: 222, 1952.
(X線照射によってラット胎児に誘発した新生物)
21. Snell, F. M., Neel, J. V., and Ishibashi, K.: Hematologic studies in Hiroshima and a control city two years after the atomic bombing. *Arch. Int. Med.*, 84: 569, 1949.
(原爆2年後の広島および対照都市における血液学的研究)
22. Yamasowa, Y.: Hematologic studies of irradiated survivors in Hiroshima. *Japan. Arch. Int. Med.*, 91: 310, 1953.
(広島における原爆被爆生存者の血液学的研究)
23. Folley, J. H., Borges, W., and Yamawaki, T.: Incidence of leukemia in survivors of the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki. *Japan. Am. J. Med.*, 13: 311, 1952.
(広島、長崎両市の原爆生存者における白血病の発生率)
24. Lange, R. D., Moloney, W. C., and Yamawaki, T.: Leukemia in atomic bomb survivors. I. General observations. *Blood*, 9: 574, 1954.
(原爆被爆生存者における白血病 I. 一般的観察)
25. Moloney, W. C., and Lange, R. D.: Leukemia in atomic bomb survivors. II. Observations on early phases of leukemia. *Blood*, 9: 663, 1954.
(原爆被爆生存者における白血病 II. 初期白血病の観察)
26. Moloney, W. C., and Kastenbaum, M.: Leukemogenic effects of ionizing radiation on atomic bomb survivors in Hiroshima City. *Science*, 121: 308, 1955.
(広島市の原爆被爆生存者における電離放射線の白血病発生効果)
27. Neel, J. V., Schull, W. J., McDonald, D. J., Morton, N. E., Kodani, M., Takeshima, K., Anderson, R. C., Wood, J., Brewer, R., Wright, S., Yamazaki, J., Suzuki, M., and Kitamura, S.: The effect of exposure to the atomic bombs on pregnancy termination in Hiroshima and Nagasaki: Preliminary report. *Science*, 118: 537, 1953.
(広島および長崎における原爆被爆者の妊娠終結に及ぼした原爆の影響—予報)
28. Yamazaki, J. N., Wright, S. W., and Wright, P. M.: Outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb in Nagasaki. *Am. J. Dis. Child.*, 87: 448, 1954.
(長崎における原爆被爆女性の妊娠結果)
29. Plummer, G.: Anomalies occurring in children exposed in utero to the atomic bomb in Hiroshima. *Pediatrics*, 10: 687, 1952.
(広島市における胎内被爆児に発現した異常)
30. Sutow, W. W.: Summary of studies on children exposed in utero to the atomic bomb in Hiroshima city. ABCC final report, May 10, 1954.
(広島市における胎内被爆児の研究総括)
31. Cogan, D. G., Martin, S. F., Kimura, S. J., and Ikui, H.: Ophthalmology survey of atomic bomb survivors in Japan, 1949. *Tr. Am. Ophth. Soc.*, 48: 62, 1950.
(1949年日本において行なわれた原爆被爆生存者の眼科学的調査)
32. Cogan, D. G., Martin, S. F., and Kimura, S. J.: Atom bomb cataracts. *Science*, 110: 654, 1949.
(原爆白内障)
33. Cogan, D. G., Donaldson, D. D., and Reese, A. B.: Clinical and pathological characteristics of radiation cataract. *Arch. Ophth.*, 47: 55, 1952.
(放射線性白内障の臨床的ならびに病理的特質)
34. Kimura, S. J., and Ikui, H.: Atomic-bomb radiation cataract: Case report with histopathologic study. *Am. J. Ophth.*, 34: 811, 1951.
(原爆放射線性白内障: 症例報告および組織病理学的研究)
35. Sinskey, R. M.: The status of lenticular opacities caused by atomic radiation. *Am. J. Ophth.*, 39: 285, 1955.
(広島、長崎の原爆放射線による水晶体濁濁の状態)

36. Reynolds, E. L.: Growth and development program: Preliminary report. ABCC report, Aug. 28, 1951.
(成長発育研究計画予報)
37. *Ibid.*: The growth and development program of the Atomic Bomb Casualty Commission: Analysis of body measurements taken in 1951 on 4800 Hiroshima children. ABCC report, June 12, 1952.
(ABCCにおける成長発育研究計画. 1951年に実施した4800名の広島児童の身体測定値の解析)
38. *Ibid.*: Analysis of observations on maturation, body build and posture taken in 1951 on 4800 Hiroshima children. ABCC report, Oct. 30, 1952.
(1951年に実施した4800名の広島児童の成熟, 体格および姿勢についての観察の解析)
39. *Ibid.*: Analysis of body measurements and observations taken in 1952 on 4200 Hiroshima children. ABCC report, Nov. 15, 1953.
(1952年に実施した4200名の広島児童の身体測定値および観察の解析)
40. *Ibid.*: Report on a three year study (1951-2-3) of the growth and development of Hiroshima children exposed to the atomic bomb. ABCC report, in preparation.
(広島原爆被爆児童の成長発育についての3か年間〔1951~2~3年〕の調査研究報告)
41. Sutow, W. W., Ishii, M., Mukai, T., and Kastenbaum, M. A.: Physical fitness studies in children exposed to the atomic bomb in Hiroshima. NYO-4461, Tech. Inf. Serv., Oak Ridge, Tenn., June 30, 1953.
(広島原爆被爆児童の体力検査)
42. Ohata, S.: Relationship of eruptions of 1st and 2nd molars to weight, stature and development of head in exposed children. ABCC report, in press.
(被爆児における体重, 身長, および頭の成長と第1, 第2臼歯の発生との関係)
43. Terasaki, T., and Shiota, K.: Effects of radiation on human dentition: Preliminary report. NYO-4464, Tech. Inf. Serv., Oak Ridge, Tenn., June 30, 1953.
(人間の歯牙発生に対する放射線の影響)
44. Sutow, W. W.: Unpublished work.
(未発表)