

ANOMALIES OCCURRING IN CHILDREN EXPOSED IN UTERO
TO THE ATOMIC BOMB IN HIROSHIMA

広島市における胎内被爆児童に発現した異常

GEORGE PLUMMER, M. D.

(Originally published 1952 既発表)

Department of Pediatrics
小児科



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)

REPORT OF THE JAPANESE AMERICAN COMMISSION
ON THE STUDY OF MICROCEPHALY IN JAPAN
第 10 号 小頭症の調査報告書

ACKNOWLEDGMENTS

The author is indebted to Dr. Jane Borges who, early in the ABCC Pediatrics Program, was impressed with the frequency of microcephaly among the infants in this study. The splendid work of Dr. Wataru W. Sutow and Dr. John Wood of the American Pediatrics Staff is gratefully acknowledged, as is the assistance of a number of other members of the Commission, both Japanese and Americans.

感謝の言葉

著者は、ABCC 小児科研究計画の初期において、幼児の間に小頭症が多いことを痛感した Dr. Jane Borges に負うところが多い。米國小児科医、Dr. Wataru W. Sutow 並びに Dr. John Wood の立派な仕事に対し、また、その他多くの日米両国の ABCC 職員の御助力に対しても謝意を表すものである。

CONTENTS

目次

List of Tables 挿入表一覧表.....	Page i
Materials and Methods 材料および方法.....	1
Results 結果.....	2
Congenital Anomalies 先天性異常.....	3
Cases Exposed within 1200 Meters 1200m以内で被爆した症例.....	5
Discussion 考按.....	8
Comment 論評.....	9
Summary and Conclusions 総括並びに結論.....	10
References 参考文献.....	11

TABLES

挿入表

Table 1. Distribution of Mothers of Children *In Utero* During Atomic Bombing by
表 Distance from Hypocenter and Symptoms of Radiation Effect at Each
Distance
胎内被爆児童の母親の爆心地からの距離別分布および各距離における放射線影
響の症状.....Page 3

2. Congenital Anomalies Found among 205 Children Exposed to Atomic
Bomb Blast while *In Utero*
205名の胎内被爆児童に発見された先天性異常..... 4

3. Cases Exposed *In Utero* within 1200 m of Atomic Bomb Hypocenter
爆心地から1200m以内で被爆した胎内症例..... 6

ANOMALIES OCCURRING IN CHILDREN EXPOSED IN UTERO TO THE ATOMIC BOMB IN HIROSHIMA

広島市における胎内被爆児童に発現した異常

GEORGE PLUMMER, M. D.

The development of congenital anomalies in the fetus following therapeutic x-ray radiation to the gravid maternal pelvis has been well known for many years.¹ The present report is concerned with the occurrence of congenital anomalies in a group of infants exposed during the first 20 weeks of gestation to the radiation from the atomic bomb exploded in Hiroshima, Japan, on August 6, 1945.

MATERIALS AND METHODS

Children born between January 1, 1946 and May 1, 1946, of mothers who had been within the city limits of Hiroshima at the time of the atomic bomb explosion and still surviving at 4½ years of age were designated for this study. This span of birth dates was chosen to obtain information on all children who had been in the first trimester of intra-uterine life at the time of the atomic bomb blast. A total of 205 such children were discovered and studied in the summer and autumn of 1950.

A history was obtained on each mother and child by a Japanese physician. Information on the mother included history of injuries and burns at the time of the atomic explosion; symptoms occurring after the blast which are suggestive of radiation illness (epilation, purpura, fever, vomiting, diarrhea, gingival bleeding and oropharyngeal lesions); termination of previous pregnancies and occurrence of anomalies, including specific information regarding the course and termination of the pregnancy under investigation; location of the mother with regard to distance and direction from the hypocenter of the atomic bomb.

妊娠中、骨盤部に治療用x線照射を受けると胎児に先天性異常が発生することは、長い間よく知られている¹。本報告書では、妊娠20週未満の時に1945年8月6日広島に投下された原子爆弾放射線の胎内時照射を受けた幼児の一群における先天性異常の発生を検討する。

材料および方法

原子爆弾爆発時広島市内にいた母親から1946年1月1日より同年5月1日までの間に生まれた児童の中、4才半まで生き残っていた者を本研究の対象にした。原子爆弾炸裂の際、胎児期の前期にあった全児童について資料を入手するためにこの期間に生まれた者を選出した。1950年の夏から秋にかけてこのような児童を総計205名発見し検査した。

日本人医師が各母親および児童の病歴を調べた。母親については原爆時の外傷および火傷、原爆後の放射線疾患を示す症状(脱毛、紫斑病、発熱、嘔吐、下痢、歯齦出血、および口腔咽頭部の病変)、既往の妊娠の終結および異常の発生、特に調査中の妊娠の経過および終結についての資料、爆心地からの距離および方向など母親の原爆時の位置等を調べた。

A routine pediatric history obtained on each infant included family history, birth, neonatal, nutrition, growth and development and system review information. A complete physical examination was made by an American pediatrician at the Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) clinic when the child was 4½ years of age. Anthropometric data, including height, weight and head circumference were obtained, together with an estimation of mental development made by a Japanese physician; also laboratory studies, including complete blood count, urinalysis, serologic test for syphilis, stool examination for parasites and chest roentgenogram. No control children were studied at the time this investigation was carried out; however, paired controls have been selected since, and yearly examinations of both groups are being performed. The analyses and comparative results of these subsequent examinations will be the subject of a separate report.

RESULTS

Table 1 demonstrates the distribution of these 205 pregnant women by distance in meters from the hypocenter of the atomic bomb explosion and also lists the number of times various symptoms were recorded at each distance. It is noteworthy that only 11 (5%) were within 1200 meters of the hypocenter.

A history of burns, injury, epilation, purpura, fever or gastrointestinal tract bleeding was recorded 101 times in 68 women; 20 of these women had multiple symptoms. Injury accounted for 52 of the 101 symptoms, of which 33 were classified as slight.

It is the consensus of the members of the Commission that the most reliable symptoms of radiation effect obtained from histories are epilation and purpura. In the present series, 8 women, all of whom were within 1400 meters, gave a history of epilation; 5, all of whom were within 1200 meters, had purpura. It is apparent, therefore, that persons within 1400 meters of the hypocenter have the greatest likelihood of sustaining serious radiation injury. The other physical factor which must be considered is the amount of shielding, such as

各幼児について入手した通常小児科病歴には、家族歴や出生、新生児期、栄養、成長、発育、並びに器官系別病歴などの資料が含まれた。児童が4才半の時に原爆傷害調査委員会 (ABCC) において米人小児科医が詳細な診療を行なった。身長、体重および頭囲などの人体計測、日本人医師による精神発育状態の評価、並びに完全血球数算定、検尿、血清梅毒反応、寄生虫に対する検便、および胸部×線検査などの臨床検査を行なった。本調査では対照児童の検査は行なわなかった。しかし、その後年齢性別構成が一致するように対照が選出され、毎年両群の検査を行なっている。その後の検査の解析および比較検討は、別の報告で行なう。

結 果

表1にはこの205名の妊婦の爆心地からのメートル単位の距離別分布と各距離において種々の症状が記録された頻度を記載した。僅かに11名(5%)が爆心地から1200m以内にいたことは注目に値する。

68名の婦人に火傷、外傷、脱毛、紫斑、発熱、または胃腸管出血の病歴が計101回記録され、これら婦人の中の20名に症状が2つ以上あった。101の症状の中、52は外傷でその中33例は軽度と分類された。

病歴の中で放射線影響の最も信頼できる症状が脱毛および紫斑であることは、ABCC職員の一致した見解である。現在の調査では8名の婦人が、脱毛の病歴を述べその全員が1400m以内にいた。5名に紫斑がありいずれも1200m以内にいた。従って爆心地から1400m以内の人々が非常に重い放射能傷害を受ける公算が最も大である。考慮しなければならないその他の物理的要素は、放射能エネルギーから本人を防禦するかも知れない建造物、壁、垣および地勢などによる遮蔽の

buildings, walls, fences and topography, which may protect the individual from the radioactive energy. This shielding factor will be discussed in more detail later.

程度であり、この遮蔽の要素については後程更に詳述する。

TABLE 1 DISTRIBUTION OF MOTHERS OF CHILDREN IN UTERO DURING ATOMIC BOMBING BY DISTANCE FROM HYPOCENTER AND SYMPTOMS OF RADIATION EFFECT AT EACH DISTANCE

表 1 胎内被爆児童の母親の爆心地からの距離別分布および各距離における放射線影響の症状

Distance in Meters from Hypocenter 爆心地からの距離 (m)	No. of Women 婦人の数	No. and Type of Symptoms at Each Distance 各距離における症状の頻度および種類						Total 計
		Burn 火傷	Injury 外傷	Epilation 脱毛	Purpura 紫斑	Fever 発熱	GI Tract Bleeding 胃腸管出血	
Under 未満 1000	4	2	2	4	3	2	1	14
1000~1199	7	2	4	2	2	3	1	14
1200~1399	16	2	7	2	0	1	2	14
1400~1599	8	0	5	0	0	0	1	6
1600~1799	14	0	5	0	0	0	2	7
1800~1999	11	2	3	0	0	1	0	6
2000~2499	41	5	16	0	0	3	2	26
2500~2999	24	2	4	0	0	0	0	6
3000 and over 以上	80	1	6	0	0	0	1	8
Total 計	205	16	52	8	5	10	10	101

68 women gave a history of 101 symptoms.

68名の婦人に101の症状があった。

Congenital Anomalies. Table 2 lists the anomalies which were discovered in the course of examining the 205 children and records the distance of the mother from the hypocenter in each instance.

先天性異常 表2には205名の児童を検査中に発見した異常を記載し、各々の場合における母親の爆心地からの距離を示した。

Microcephaly with mental retardation was the most frequent anomaly. This diagnosis was made six times and all the cases were exposed within 1200 meters of the hypocenter. The two cases of mongolism are interesting in that one who was exposed beyond 2500 meters had a normal head size, whereas the one exposed within 1200 meters had microcephaly. Seven out of 11 mothers within 1200 meters of the hypocenter were delivered of children diagnosed as having microcephaly and

精神遅滞をともなう小頭症が最も多く、この診断は6例に見られ、患者は何れも爆心地から1200m以内で被爆した。モンゴリズムの2例は興味がある。すなわち、その1名は2500m以上で被爆したが、頭は普通の大きさであり、一方は1200m以内で被爆し、小頭症があった。爆心地から1200m以内の11名の母親中7名が、小頭症および精神遅滞の診断を受けた児童を分娩している。1200mよりも遠距離で被爆した194例中に

mental retardation. This high incidence is unquestionably significant when it is contrasted to the absence of microcephaly among the 194 cases who were exposed at distances greater than 1200 meters.

小頭症のないのに比べると、この高発生率は疑いもなく有意である。

TABLE 2 CONGENITAL ANOMALIES FOUND AMONG 205 CHILDREN EXPOSED TO ATOMIC BOMB BLAST WHILE IN UTERO

表 2 205名の胎内被爆児童に発見された先天性異常

Anomaly 異常	No. 数	Distance of Mother from Hypocenter 母親の爆心地からの距離
Microcephaly with Mental Retardation 精神遅滞を伴う小頭症	6	All under 1200 m 全部1200m以下
Mongolism モンゴリズム	2	One under 1200 m 1200m以下 1名 One between 2500 and 3000 m 2500~3000m 1名
Congenital Dislocation of Hips 先天性股関節脱臼	4	One under 1000 m (also was microencephalic) 000m以下 1名 (小脳でもあった) One between 1600 and 1800 m 1600~1800m 1名 Two over 2500 m 2500m以上 2名
Congenital Heart Disease 先天性心臓疾患	3	All questionable and all over 3000 m 何れも疑わしく、何れも3000m以上
Hydrocele 陰嚢水腫	2	Both over 2000 m 兩名とも2000m以上
Funnel Chest 漏斗胸	1	Between 1200 and 1400 m 1200~1400m
Calcaneo Valgus 外反踵骨	1	Over 3000 m 3000m以上
Deformed Iris 虹彩の奇形	1	Between 1600-1800 m 1600~1800m
Deformed Ear (hereditary) 耳の奇形 (遺伝的)	1	Over 3000 m 3000m以上
Congenital Strabismus 先天性斜視	1	Over 3000 m 3000m以上
Congenital Glaucoma 先天性緑内障	1	Over 2000 m 2000m以上
Partial Albinism 部分的白皮病	1	1600 m
Total 合計	24	

Microcephaly is the only congenital defect with demonstrable correlation with distance of the mother from the hypocenter. The other anomalies were widely scattered as to distance from the hypocenter, and the incidences of the individual anomalies were similar to those found in studies on other populations in Japan. There was no correlation demonstrable between any of the anomalies

小頭症は、母親の爆心地からの距離と相関関係が証明された唯一の先天性異常である。その他の異常は爆心地からの距離に関して広く分散しており、各異常の発生率は、日本において他の母集団について行なわれている研究で発見された発生率と同様であった。異常はいずれも母親の年齢、出産順位、または原爆時の妊

and such factors as mother's age, birth order, or week of gestation at the time of A-bombing.

Cases Exposed within 1200 Meters. Table 3 lists the pertinent data on each of the 11 cases who were exposed within 1200 meters. The distances of these cases from the hypocenter are well scattered between 720 and 1190 meters. The mothers' ages ranged between 23 and 43 years; 3 were over 36 years. The distributions of the mothers' ages in the total series of 205 mothers showed that 75% were within the age range of 21 to 36. The week of gestation at the time of the atomic bomb blast is noted for each case; 8 of the 11 were in the third and fourth lunar months. The distribution by time of gestation of the 205 women revealed 63% of them to be in the third and fourth lunar months. Sex distribution for the children in this group is comparable to that for the total which was 104 males to 101 females.

The head circumference measurements on the 11 4½ year old children contributed the most revealing data. The mean head circumference for 4 to 5 year old Japanese children found in tables published by the Japanese Ministry of Welfare in 1951 is 50.2 ± 1.64 cm for boys and 49.3 ± 1.69 cm for girls. Only 2 of these 11 children fell within 1 standard deviation of these means. One other child had a head circumference within minus 3 standard deviations of these means. All the rest had head sizes at 4½ years which are below the Japanese mean circumferences of 47 ± 1.83 cm for boys and 46.1 ± 1.63 cm for girls at one year of age. The mean head circumference for 171 of the 205 children is 48.6 ± 1.3 cm. These 171 include all who had head circumferences measured except those whose measurements were below 45cm; all with circumferences smaller than 45 cm were within 1200 meters of the hypocenter.

The three children with normal head circumferences in this group merit some discussion with respect to the mothers' radiation symptoms and to the shielding afforded the mother by virtue of her location at the time of the atomic blast. Case 39, as presented in Table 3, was standing 950 meters from the hypocenter and was partially

妊娠月齢などの素因とは相関関係は証明できなかった。

1200m以内で被爆した症例 表3は1200m以内で被爆した11名の者の各々に関する資料を記載する。これらの症例の爆心地からの距離は、720から1190mの間に分散している。母親の年齢は23才から43才の間に分布し、3名が36才以上であった。なお全被検者205名の母親の年齢分布を見ると75%は21~36才までの範囲内にある。原子爆弾炸裂時の妊娠月齢を各々の症例について調べたところ、11名中8名は妊娠3か月または4か月であった。一方、全被検者205名の婦人の妊娠月齢の分布を見ると、その63%が妊娠3か月または4か月であった。この群の性別分布は全被検者の性別分布男104に対して女101の割合に近似している。

この4才半の児童11名についての頭囲測定によって、最も顕著な資料が得られた。1951年厚生省が発行した表によれば、4~5才の日本人児童の平均頭囲は男児 50.2 ± 1.64 cm, 女児 49.3 ± 1.69 cmである。これら11名の児童のうち僅か2名が、この平均値の1標準偏差以内の計測値を示した。1名の頭囲は、平均値の-3標準偏差以内であった。その他の児童の頭囲は何れも4才半としては小さく、年齢1才の日本人の平均頭囲、男児 47 ± 1.83 cm, 女児 46.1 ± 1.63 cmよりも小さい。なお、205名の児童中171名の平均頭囲は 48.6 ± 1.3 cmで、この171名は測定値が45cm以下であった者を除いて、頭囲の測定が行なわれた者全員である。頭囲が45cmより小さい者は皆爆心地から1200m以内であった。

この群において頭囲が正常である3名の児童は、母親の放射能症状および母親の原子爆弾炸裂時の位置による遮蔽について、若干検討する価値がある。表3に示した症例39は、爆心地から950mの地点に立っていたが、13m離れた所にあった高さ4mのコンクリート壁

TABLE 3 CASES EXPOSED IN UTERO WITHIN 1200 m OF ATOMIC BOMB HYPOCENTER

表 3 爆心地から1200m以内で被爆した胎内症例

Case No. 症例番号	Distance of Mother from Hypo- center 爆心地からの母 親の距離 (m)	Mother's Age at A-Bomb Blast 原爆時の母親 の年齢	History of Epilation 脱毛歴	Pur- pura 紫斑	Weeks of Gestation at A-Bomb Blast 原爆時の妊娠 期間 (週)	Sex of Child 児童の 性別	Head Circum- ference (cm) 頭囲 (cm)	Mental Development of Child 児童の 精神発育	Nonmedical Radiation History 非医学的放射線歴
39	950	27	75%	—	6	M男	50.5	Normal 正常	Standing outside partially shielded by concrete wall 屋外に立っていたが一部コンクリート壁で遮蔽
121	930	23	25%	—	12	M男	40.5	Retarded 遅延	Standing near open window 開いた窓の近くに立っていた
125	1110	43	Slight? 軽度?	Slight? 軽度?	15	F女	43.4	Retarded 遅延 Mongolism モンゴリズム	Sitting inside shielded by mud wall 土壁で遮蔽された屋内に座っていた
127	730	24	100%	—	14	F女	38.4	Retarded 遅延	Standing near open window 開いた窓の近くに立っていた
131	1040	32	100%	—	11	F女	43.3	Retarded 遅延	Standing outside—no shielding 屋外に立っていた—遮蔽なし
147	1130	25	0	—	16	F女	46.3	Normal 正常	Sitting on engawa at far end of house from blast 爆心地とは反対側の廊下に立っていた
178	1050	38	Mod. 中等度	0	12	M男	44.3	Retarded 遅延	Standing outside—slight shielding 屋外に立っていた—僅かな遮蔽
182	1190	29	0	0	9	M男	49.0	Normal 正常	Standing outside—shielded by concrete building 屋外に立っていた—コンクリートビルによる遮蔽
200	720	23	100%	0	12	F女	43.6*	Retarded 遅延	Standing outside—shielded by wooden building 屋外に立っていた—木造ビルによる遮蔽
201	1150	37	?	0	17	M男	45.6	Retarded 遅延	Sitting inside—shielded only by lattice door 屋内に座っていた—格子戸による遮蔽のみ
115	1120	25	0	0	7	F女	43.3	Normal 正常	Standing in front of window 窓の前に立っていた

* Measurements at 5 yr.; others are at 4½ yr. 5才時における計測値, その他は4.5才におけるもの

shielded by a concrete wall 4 meters high which was 13 meters from her position. However, by a geometric reconstruction showing the mother's position, the location and height of the wall, the location and height of the bomb blast, it is evident that the wall afforded no shielding whatever. This is borne out by the fact that she experienced 75% epilation and purpura following the bomb explosion. There is a possible explanation of the normal head size and development of this child: his mother was in the sixth week of gestation at the time of exposure, an earlier period in pregnancy than the other women in this heavily-irradiated group. Hicks² has demonstrated a critical period in gestation for the production of nervous system defects by radioactive materials in fetal rats. He found that radiation of the gravid rat during the first eight days of pregnancy produced no nervous system malformation, whereas severe malformations were found when the radioactive insult occurred on the ninth and subsequent days of gestation. There is a possibility that such a critical period exists for humans and that the present case was exposed prior to that stage of his development.

Case 147 was sitting at the *engawa* (narrow platform which extends around the outside of Japanese dwellings) at the far end of the house from the hypocenter at a distance of 1180 meters. The mother experienced some purpura but no epilation. Her child's development was normal and the head size was low normal. The shielding in this case consisted of several thicknesses of wooden walls.

Case 182 was standing outside at a distance of 1190 meters, completely shielded by a concrete building. She experienced neither epilation nor purpura, and the child's head size and development were normal. The eight other mothers were either outside with little shielding or inside in front of open windows or protected by only a single door or wall.

Case 115 is interesting in that his development was apparently within normal limits in spite of an unusually small head circumference (43.3 cm). The mother of this child experienced neither epilation

により部分的に遮蔽されていた。しかし母親の位置、壁の位置および高さ、爆弾の炸裂点の位置および高さを幾何学的に再現するとその壁が何んらの遮蔽にもならなかったことは明らかである。これは被爆後75%の脱毛および紫斑を体験した事実により確認される。この小児の頭の大きさおよび発育が正常であることは次の理由によって説明できると思う。母親は被爆時妊娠第6週目にあつた。これは強度の放射線照射を受けた群の中で妊娠日時の最も短いものである。ネズミの胎児で、放射性物質によって神経系欠損を発生させるためには重要な妊娠時期のあることを Hicks² は証明した。すなわち妊娠ハツカネズミの妊娠の最初の8日間に放射線照射を行なつても神経系に奇形は生じなかったが、妊娠第9日目以後に放射線照射を行なつた場合には重い奇形があることを認め、このような重要な時期が人間にもある可能性があり、上記の症例は、この発育段階に達する前に被爆したものであるかも知れない。

症例147は爆心地から1180mの距離にある家屋の向う側の縁側に座っていた。母親はある程度の紫斑があつたが、脱毛はなかつた。子供の発育は正常で、頭の大きさは正常範囲の小さい方であつた。本例は、厚み数センチの木造の壁によって遮蔽されていた。

症例182は1190mの距離で屋外に立っていたが、コンクリートビルによって完全に遮蔽されていた。母親には脱毛も紫斑もなく、子供の頭の大きさ、および発育は正常であつた。その他の8名の母親は屋外で殆んど遮蔽がなかつたが、屋内でも開いた窓の前、又はただ1枚の戸又は壁で保護されていた。

症例115は頭囲が非常に小さい(43.3cm)にも拘らず、その発育が明らかに正常範囲内である点が興味がある。この子の母親は1120mの距離で爆心地に向つ

nor purpura, although she was standing in front of an open window facing the blast at a distance of 1120 meters.

DISCUSSION

The relationship between the occurrence of microcephaly and x-irradiation during intrauterine life has been recognized for many years. Murphy,¹ however, probably was the first to focus sharp attention on this phenomenon. He studied a group of 75 children who had been irradiated while *in utero* during the course of radium or roentgen ray therapy to the mother's pelvis. Sixteen microcephalic children were found among this group of 75. Four other children exhibited other central nervous system defects. An additional eight children exhibited other anomalies or disturbances of health, which makes a total of 28 children out of 75 who suffered defects attributable to irradiation during fetal life. The dosages of roentgen ray were not known for this group, but one child with microcephalic idiocy had been exposed to 4400 mg hours of radium therapy while *in utero*. The time of treatment in pregnancy in Murphy's tables is broken down to only "before 5 months" and "after 5 months." Two children with microcephaly had been irradiated after five months; the other 14 were irradiated during the first half of gestation.

Hicks's investigation² on x-irradiated fetal rats demonstrates a marked susceptibility of neuroblasts to radioactive insult. He found, as mentioned above, that no nervous system defects occurred if the gravid rat was irradiated with dosages up to 300 r the first 8 days of its 21 day gestational period. Irradiation of 150 r on the ninth and tenth days produced anencephaly and encephaloceles; irradiation on later days produced forebrain defects; and irradiation late in gestation and early in the newborn period produced cerebellar defects. Hicks's explanation of the absence of effect of irradiation during the first eight days is that during this period the rat's central nervous system is composed of radioresistant primitive neuroectoderm and that differentiation of the neuroectoderm and proliferation of radiosensitive neuroblasts does not occur until the ninth day of fetal life.

て、開いた窓の前に立っていたが、脱毛や紫斑はなかった。

考 按

小頭症の発生と胎内時 x 線照射との関係は長い間認められている。しかし恐らく Murphy¹ がこの現象に鋭い注意を集中した最初の人であったであろう。母親の骨盤部に対するラジウム又はレントゲン療法の実施によって胎内時放射線照射を受けた75名の児童の1群を検討した結果、75名中16名の小頭症が見出された。ほかに4名の小児に中枢神経系の欠損が認められ、さらに8名の小児に、その他の異常または健康障害が認められ、結局75名中合計28名に胎内時放射線照射のためと思われる欠損があった。この群におけるレントゲン線量は不明であったが、小頭性白癩を有する1名の小児は、ラジウム療法 4400mg 時間の胎内時照射を受けた。Murphy の表では妊娠中に治療が行なわれた時期を、単に「5か月目以前」と「5か月目以後」に分類されている。小頭症の2例は、5か月目以後に放射線照射を受け、他の14名は妊娠の前半期に放射線照射を受けた。

x 線照射を受けたネズミの胎児に関する Hicks の調査² では、神経芽細胞に放射線照射に対する著しい感受性が証明されている。前述の通り21日の妊娠期間の最初の8日間に300 r 以下の線量を、妊娠したネズミに照射しても神経系の欠損は起らないことが判った。9日目および10日目に150 r の照射をすれば無脳および脳ヘルニアが生じ、それ以後に放射線照射を行なえば前脳欠損が生じ、妊娠後期および新生児期の初期に放射線照射を行なうと小脳の欠損を生じた。最初の8日間に放射線照射の影響がない理由は、この時期にはネズミの中枢神経系が放射線に対する抵抗性を有する原始神経外胚葉より成っており、神経外胚葉の分化および放射線に敏感な神経芽細胞の増殖は、胎児期の9日目までは起らないからだと言った Hicks は云う。

The results of the present study demonstrate that a fetus *in utero* may receive sufficient radioactive radiation from an atomic bomb explosion to produce central nervous system defects if the mother is within approximately 1200 meters of the explosion and is not well shielded. The only shielding in the present study which apparently was effective in protecting against irradiation was concrete. Single wooden and mud walls were not effective shields. The problems of radioactive back-scatter and residual radiation do not appear relevant to the discussion in the present study. The role of individual biologic resistance to radiation could not be determined from this study.

The relationship of period of gestation to susceptibility of the developing human central nervous system to irradiation is not clearly defined by this study, although in the only instance in the heavily-irradiated group with epilation and purpura where the gestation period was as short as six weeks, no defect was discernible in the child. This suggests the possibility that the nervous system of the human may be resistant to radioactive material in its early stages of development, but no conclusions can be based on one case.

COMMENT

The design of this study was such that the source of material was limited to children exposed during the first half of intra-uterine life to the atomic bomb blast who were still surviving at 4½ years of age. This method obviously leaves large gaps in a complete study of the effect of irradiation on pregnancy. The cases omitted by virtue of this design are those which resulted in abortions, stillbirths and neonatal and infantile deaths. The probability is great that some heavily irradiated fetuses *in utero* were so severely damaged that death occurred either prior to term or during early postnatal life. Another group of cases missed by this study is that in which exposure to the atomic bomb blast occurred during the latter part of intra-uterine life. It is evident from Murphy's work¹ and from Hicks's animal studies² that central nervous system damages can occur following irradiation during later *in utero* existence. A study designed to include the

本研究の結果は、母親が爆心地から約1200m以内で、十分に遮蔽されていないならば、胎児は中枢神経系に欠損を生じるほどの放射線を受けるかも知れぬことを示す。本研究で放射線照射を防禦するのに明らかに効力のある唯一の遮蔽はコンクリートであった。一重の木造壁及び土壁は遮蔽としては有効的ではなかった。放射能性後方散乱および残留放射線の問題は本研究において関係はないように思われる。放射線に対する個人の生物学的抵抗の役割をこの研究から判定することは出来なかった。

本研究では人間における妊娠の時期と発育中の中枢神経系の放射線に対する感受性との関係を明らかにすることはできなかったが、強度の放射線を受けて脱毛と紫斑を生じた群の中で、妊娠6週間目の早期に被爆した唯一の例では子供に異常は認められなかった。これは人間の神経系が発育の初期において、放射性物質に抵抗を有するかも知れないと云う可能性を示唆するが、僅か1例に基づいて結論を出すことは出来ない。

論 評

本研究の企画では対象を胎児期の前半期に被爆し、4才半まで生残った児童に限定した。この方法は妊娠に対する放射線照射の影響の完全な調査としては、明らかに大きな欠陥がある。この企画に基づいて除外された症例は、流産、死産、新生児および幼児死亡である。強度の放射線照射を受けた胎児の中には強度の傷害があったため、出生前または出生後早期に死亡した者もあると云う公算は大である。この研究に入れられなかったもう一つの症例群は、胎児期後期に被爆したものである。Murphyの研究¹およびHicksの動物研究²から、胎児期後期の放射線照射後に中枢神経系の欠損が生じ得ると云うことは明らかである。上記の症

above groups of cases should have as its source of material all pregnant women who were exposed to the atomic bomb blast.*

SUMMARY AND CONCLUSIONS

A study was carried out on 205 4½ year old children who had been exposed to the atomic bomb blast during the first half of intra-uterine life. Eleven were exposed within 1200 meters of the bomb hypocenter, and the remaining 194 were beyond this distance.

Seven of these 11 children exposed within 1200 meters had microcephaly with mental retardation. This diagnosis was not made on any of the 194 children exposed at greater distances.

Correlation between head size and mental development of the child with distance from the hypocenter, symptoms of radiation effect and type of shielding of the mother is discussed.

The conclusion drawn from the present study is that central nervous system defects can be produced in the fetus by atomic bomb radiation, provided that exposure occurs within approximately 1200 meters of the hypocenter and that no effective shielding, such as concrete, protects the fetus from direct irradiation.**

例群を含めようと意図された研究は、原子爆弾に被爆した全妊婦*について行なわれなければならない。

総括並びに結論

胎児期の前半期に被爆した4才半の児童205名について調査した。11名は爆心地から1200m以内で被爆し、残りの194名はもっと遠距離であった。

1200m以内で被爆したこれら11名の児童の中7名は精神遅滞を伴う小頭症があった。更に遠距離で被爆した194名の児童では、この診断が下されたものはなかった。

児童の頭の大きさおよび精神発育、爆心地からの距離、放射線症状並びに母親の遮蔽の種類との相関関係が検討された。

本研究から到達する結論は爆心地から約1200m以内で被爆し、コンクリートのような効果的な遮蔽によって放射線の直接照射**から胎児が守られていないならば、原子爆弾の放射線によって胎児に中枢神経系欠損が起り得ることである。

*A study designed in this way has been carried out in Nagasaki by the Atomic Bomb Casualty Commission and the results are presently being analyzed.

この種の研究が長崎 ABCC で行なわれており、その結果は目下解析中である。

**It is impossible to publish accurate radiation dosage data for the exposed mothers because this is restricted material. Obviously the dosage range must have been high to produce epilation and purpuric phenomena.—Committee on Atomic Bomb Casualties, National Academy of Sciences.

これは限られた範囲の資料であり、被爆した母親の正確な放射線々量を発表することは難しい。脱毛および紫斑が生じたので明らかに線量の範囲は高いものであったに違いない。——米国学士院、原爆傷害に関する委員会

REFERENCES

参考文献

1. Murphy DP: Congenital malformations, ed. 2, Philadelphia, J. B. Lippincott Company, 1947.
(先天性奇形)
2. Hicks SP: In symposium on cerebral palsy. 2. Some effects of ionizing radiation and metabolic inhibition on developing mammalian nervous system. J. Pediat 40 : 489, 1925.
(脳性麻痺についてのシンポジウム. 2 電離放射線と代謝抑制の発育中の哺乳類の神経系に及ぼす影響)