

GROWTH AND DEVELOPMENT AGE 10 TO AGE 17 OF CHILDREN
EXPOSED IN UTERO TO THE ATOMIC BOMB,
HIROSHIMA AND NAGASAKI

原爆胎内被爆児における10歳から17歳までの成長および発育、
広島・長崎

ROBERT J. CONNOR, D. Eng.

SADAHISA KAWAMOTO, M.D. 河本定久

YOSHIAKI OMORI, M.D. 大森義昭



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所—原爆傷害調査委員会

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

TECHNICAL REPORT SERIES

業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory councils, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC業績報告書は、ABCCの日本人および米人専門職員、顧問、評議会、政府ならびに民間の関係諸団体の要求に応じるための日英両語による記録である。業績報告書集は決して通例の誌上発表に代るものではない。

GROWTH AND DEVELOPMENT AGE 10 TO AGE 17 OF CHILDREN
EXPOSED IN UTERO TO THE ATOMIC BOMB,
HIROSHIMA AND NAGASAKI

原爆胎内被爆児における10歳から17歳までの成長および発育,
広島・長崎

ROBERT J. CONNOR, D. Eng.

SADAHISA KAWAMOTO, M.D. 河本定久

YOSHIKI OMORI, M.D. 大森義昭



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 本 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

CONTENTS

目次

Summary 要約	1
Introduction 緒言	1
Materials and Methods 材料および方法	2
Results 結果	3
Discussion 考察	8
References 参考文献	10

Table 1. Number, mean, standard deviation, & difference in means for high dose & low dose subgroups within 2000 m

2000 m 未満の被爆者の高線量群と低線量群別の対象者数, 平均値, 標準偏差および平均値差	4
2. Absolute growth from age 10 to 17 for those with measurements at both ages 10歳時と17歳時に測定した子供の年齢間の絶対成長値	5
3. Maximum rate of growth from age 10 to 17 & age of maximum rate based on measurements at least every other exam from age 10 to 17 10歳から17歳時までの最大成長率と, 10歳から17歳時までの間に少なくとも1年おきに測定して最大成長率が認められた年齢	6
4. Number, mean, & standard deviation for the distal groups at age 10 & 17 10歳と17歳時における比較群の対象者数, 平均値, 標準偏差	7
5. Number, mean, standard deviation & difference in means by trimester classes for high dose and low dose subgroups within 2000 m at age 10 10歳時の2000 m 未満被爆群中の高線量群と低線量群の妊娠3か月期別の対象者数, 平均値, 標準偏差および平均値差	8

Approved 承認 25 February 1971

GROWTH AND DEVELOPMENT AGE 10 TO AGE 17 OF CHILDREN EXPOSED IN UTERO TO THE ATOMIC BOMB, HIROSHIMA AND NAGASAKI

原爆胎内被爆児における10歳から17歳までの成長および発育，広島・長崎

ROBERT J. CONNOR, D. Eng.¹; SADAHISA KAWAMOTO, M.D. (河本定久)²;

YOSHIAKI OMORI, M.D. (大森義昭)^{2**}

Departments of Statistics¹ and Medicine²

統計部¹ および臨床部²

SUMMARY

Children who were exposed in utero to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki were studied for radiation effects on head circumference and height. Although head size and height were decreased at ages 10 and 17 in those whose mothers received 100 rad or more the absolute growth and growth rate from age 10 to age 17 showed no evidence of any differences related to radiation among those exposed within 2000 m. Decreased head circumference as a radiation effect was most prominent among those who were in the first trimester of gestation at the time of the bombs.

INTRODUCTION

There have been many studies by ABCC on the effects of radiation exposure on those who were in utero at the time of the A-bombs (ATB).¹⁻¹³ The findings thus far have shown an increased prevalence of mental retardation and microcephaly and decreased body size in children exposed to moderately large doses while in the first trimester.

These studies, at ages 13, 14, 15, and 17, have demonstrated that the heavily irradiated first trimester children had smaller head sizes. However, there has not yet been an assessment of growth during that period based on measurements of the same children at two points of time.

要 約

広島および長崎における原爆胎内被爆児の頭囲ならびに身長に及ぼす放射線の影響について調査を行なった。母親が放射線量100 rad以上を受けた胎内被爆児には、10歳時と17歳時に頭が小さく、身長が低いことが認められたが、2000 m未満の距離の被爆児では10歳から17歳までの絶対成長と成長率に放射線による影響は何らみられなかった。頭囲の小さいのは原爆時に第1妊娠3か月期にあった胎内被爆児において最も顕著であった。

緒 言

ABCCでは原爆胎内被爆児に及ぼす放射線照射の影響について多くの研究がなされている。¹⁻¹³ 今までの調査によると、第1妊娠3か月期間にかなり多量の放射線を受けた子供に知能遅滞と小頭症の発生率が増加していることおよび身体の大きさが小さいことがあげられている。

すなわち、第1妊娠3か月期に、高線量の放射線を受けた子供には、13、14、15および17歳時の調査において頭囲がより小さいことがみられたのである。しかしながら、第1妊娠3か月期以外の二つの妊娠3か月期の子供で同一年齢期の成長については、まだ調査されていない。

Nagasaki* and Hiroshima** Branch Laboratories, Japanese National Institute of Health, Ministry of Health and Welfare

厚生省国立予防衛生研究所長崎支所*および広島支所**

This study is concerned with the growth and development of the in utero exposed as measured by head circumference and height. Specifically, the purpose is to determine: if head circumference and height were decreased at age 10 as a consequence of radiation exposure; if there is any evidence of a radiation effect on the growth and development process between ages 10 to 17; and if there is an increased sensitivity to radiation in the first trimester of gestation for decreased head circumference or height.

MATERIALS AND METHODS

A fixed sample of 1608 Hiroshima and Nagasaki children, exposed in utero, was constructed over a period of years. Annual examinations, near each birthday, were scheduled from ages 9 to 19. Detailed information on selection of the sample and the examinations is available elsewhere.^{4,10}

For this report it suffices to note that the sample includes three groups: a proximal group (consisting of those whose mothers were within 2000 m of the hypocenter ATB) and two comparison groups (one consisting of those located between 3000-5000 m, and the other of those who were not-in-city) each matched for gestational age and sex to the proximal group. At the annual examinations various anthropometric measurements including head circumference and height were recorded. Unfortunately, in some instances there were errors in the distance estimates and a few of the originally chosen proximal group cases were later found to be more than 2000 m distant and similarly there were a few cases within 3000 m in the distal group. For this analysis these cases were considered part of the over 3000 m distal group. Since the analysis is primarily of those within 2000 m and uses the T65 dose estimates¹⁴ as the index of exposure, small original errors in distance information do not affect the results. Also it should be noted that the sample was not completely selected until some children were 14 and in addition, there are missed examinations and missing observations as commonly occurs in such studies. Thus, there are relatively few subjects for whom complete records are available, even for head circumference and height.

Data on this sample are used here with the analysis essentially restricted to comparisons for the proximally exposed between high and low dose groups, based on the estimated T65D radiation dose¹⁴ of the mother. It has not yet been possible to establish estimates of doses to the fetuses themselves, but it is believed that fetal doses were 50%-70% of maternal doses.¹⁵

本研究は胎内被爆児の成長と発育に関して頭囲と身長の大きさを取り上げたものである。本研究の目的は、具体的に列記すると、放射線照射を受けたために10歳時において頭囲と身長に減少がみられるか; 10歳から17歳までの成長発育の過程において、放射線による何らかの影響があるか; 頭囲と身長が小さくなるような放射線に対する感受性が、第1妊娠3か月期において特に増大するのではないか、等を調べることにある。

材料および方法

広島・長崎の胎内被爆児、1608名から成る長期間固定集団を作り、各対象児について9歳から19歳まで、毎年誕生日前後に診察を行なった。対象者の選択や診察に関する詳細な内容は既報のとおりである。^{4,10}

本報においては、対象者の区分が、原爆時に母親が爆心地から2000m未満にいた近距離被爆群ならびにそれらと妊娠月数および性別構成が一致した二つの比較対照群(3000-5000m群、および市内不在群)の三つの群から成ることを述べれば十分であろう。毎年の診察では頭囲と身長を含む種々の人体計測値が記録された。あいにく距離推定値の誤りが数例認められ、また、近距離群の中に2000m以遠の者がわずかと遠距離群に3000m未満の者がわずかに含まれていたことが後でわかった。この解析ではこれらの例を3000m以遠の遠距離群として取り扱った。この解析はおもに2000m未満の者を対象にし、さらに暫定被曝線量推定値(T65D)¹⁴を使っているので、距離に関して認められた最初のわずかな誤差は基礎的な結果に何ら影響を及ぼしていない。この人口集団には14歳時までの出入りがあったので、このような状況下にありがちな診察もれや、観察のし落としがあることも留意しておかねばならない。このように頭囲と身長に関してさえ、完全な記録をもつ対象者は比較的少ない。

本報での資料解析は実質的には母親のT65D推定被曝線量¹⁴をもとに近距離被爆の高線量群と低線量群とを比較することに限定している。胎児自身の放射線量を測定することは、まだ可能ではないが、母親の放射線量の50%-70%であると信じられている。¹⁵

The data for the distal and not-in-city groups are given, but differences have not been formally tested for significance. One reason for this is that, since it may be surmised that economic deprivation with consequent malnutrition was especially prevalent among those whose homes were near the hypocenters, there is reason to question the appropriateness as a comparison group of a set of persons not-in-city ATB, or at distances where physical destruction was much less than within 2000 m. We prefer, therefore, even at the cost of a reduced sample size, to restrict our attention primarily to children within 2000 m.

The analysis is divided into three parts; a comparison of mean values for the measurements at age 10 and at age 17 for high dose (100 or more rad T65D) and dose (under 100 rad) groups. Average doses are approximately 227 rad in the high dose group and 26 rad in the low; a comparison of quantitative measures of the growth and development process from ages 10 to 17; and a comparison of the relation between radiation and decreased head circumference and decreased height for those who were in the first trimester of gestation ATB and for those in the second and third trimesters ATB.

The quantitative measures used are: the absolute growth from 10 to 17 for those with measurements at both age 10 and age 17; the maximum rate of growth, and the age at which this occurred for those with measurements at 10 and 17 and who did not miss two successive intermediate measurements. In this way, the maximum growth rate is based on rates (i.e., the difference in measurements divided by difference in age) calculated at least every 2 years. The midpoint of an interval is the age associated with the average growth rate for that interval.

From tables of average height from ages 6 to 22 for Japanese school children born in 1935 and for those born in 1948 the maximum growth rate is estimated to occur between ages 11 and 16 for males and between ages 10 and 13 for females.¹⁶ Thus, the 10 to 17 period should include the time of maximum growth rates for the in utero children.

RESULTS

Comparison of Means at Age 10 and Age 17. The number of cases, means, and standard deviations at age 10 and age 17 are given for the high dose and low dose groups of the proximally exposed in Table 1. In addition, the differences in the means between the high and low dose groups are also shown. Note that there is no evidence that at age 17 the decrease in head circumference or

遠距離被爆群と市内不在群の資料は提示されてはいるが正式には比較されていない。その理由の一つは、家が爆心地近くにあった者の中には経済的損失から栄養失調をきたすような場合が特に多かったと推測されるので、対照群として原爆時の市内不在者、もしくは物理的破壊が2000m未満よりも軽少であった距離にいた人たちが適当であるかどうかは疑問であった。したがって、われわれとしては対象者の数において多少の犠牲を払っても解析の主目的を2000m未満の子供に限定するほうがよいと考える。

解析は三つの部分に分けられている。一つは高線量群(100 rad以上、T65Dによる)と低線量群(100 rad以下)における10歳時と17歳時の測定値の平均値を比較すること。高線量群の平均線量はだいたい227 radで低線量群の平均値はだいたい26 radである。次は10-17歳までの成長発育過程における測定値の比較であり、そして、原爆時第1妊娠3か月期であった者と第2、第3妊娠3か月期の者について、頭囲および身長の小さいことに対する放射線の影響を比較することである。

使用される測定値は次のとおりである。すなわち、10歳時と17歳時に2回とも測定を受けた者の10-17歳までの絶対的成長、ならびに10歳時と17歳時に測定を受け、さらにその間に2回の間測定を受けた者の最大成長率、および最大成長率の認められた年齢である。このようにして最大成長率は少なくとも2年ごとに測定された成長率(すなわち測定差を年齢差で除した測定値差)をもとにしている。1測定周期の中間点はその周期の平均成長率に関連した年齢である。

1935年生まれと、1948年生まれの日本人学生に対する6歳から22歳までの平均身長表によると、最大成長率は男子では11-16歳、女子では10-13歳の間に認められる。¹⁶このようなわけで、10-17歳の期間には、当然胎内被爆児の最大成長率の認められる期間が含まれているはずである。

結 果

10歳時と17歳時における平均値の比較。 表1は近距離被爆の高線量群と低線量群に対する、10-17歳の対象者数、平均値および標準偏差等を示すものである。さらに、高線量群と低線量群との平均値の差も示している。低線量群に比較して高線量群の頭囲と身長の減少は10歳よりも17歳のほうがより大であるという証拠はない。事実、

TABLE 1 NUMBER, MEAN, STANDARD DEVIATION, & DIFFERENCE IN MEANS FOR HIGH DOSE AND LOW DOSE SUBGROUPS WITHIN 2000 m

表1 2000m未満の被爆者の高線量群と低線量群別の対象者数, 平均値, 標準偏差および平均値差

City 市	Sex 性	T65D rad	Age 年齢							
			10				17			
			No. 対象者数	Mean 平均 cm	SD 標準偏差	Diff. 平均値差 cm	No. 対象者数	Mean 平均 cm	SD 標準偏差	Diff. 平均値差 cm
Head Circumference 頭囲										
Hiroshima 広島	Male 男	100+	15	49.7	1.58	1.3	16	53.9	1.82	0.8
		<100	99	50.9	1.77		147	54.7	1.72	
	Female 女	100+	13	50.4	1.84	-0.1	16	53.3	2.37	0.4
		<100	82	50.3	1.51		133	53.7	1.77	
Nagasaki 長崎	Male 男	100+	13	48.8	2.32	2.5	9	52.6	2.10	2.2
		<100	37	51.3	1.41		30	54.9	1.66	
	Female 女	100+	14	50.4	2.54	0.7	11	53.6	1.00	0.9
		<100	29	51.0	1.34		22	54.5	1.23	
Height 身長										
Hiroshima 広島	Male 男	100+	14	123.7	5.36	4.1	16	162.3	5.81	2.3
		<100	99	127.8	5.04		147	164.6	7.06	
	Female 女	100+	13	127.8	6.15	-0.9	16	151.9	6.93	1.2
		<100	85	126.9	5.87		134	153.1	5.33	
Nagasaki 長崎	Male 男	100+	13	122.5	7.85	4.1	10	158.7	7.56	4.0
		<100	37	126.6	8.22		30	162.7	8.10	
	Female 女	100+	14	124.1	6.42	4.0	11	150.9	5.72	3.3
		<100	29	128.1	6.01		22	154.2	4.93	

height for the high dose group relative to the low dose group is greater than it is at age 10. Indeed in five of the eight comparisons the age 10 decrease is larger. Moreover, at age 10 three of the differences are statistically significant (head circumference in both Hiroshima and Nagasaki males and height in Hiroshima males) but at age 17 only the difference in head circumference in Nagasaki males is significant.

Thus, it appears clear that the radiation effect present at age 17 was already present at age 10. An examination of the age 9 measurements gives much the same results although in some city-sex subgroups the numbers are much smaller than at age 10. Hence, it seems that the radiation effect was present before the first examination was scheduled.

Growth and Development from Age 10 to Age 17.

In comparing the absolute growth from age 10 to age 17 only those children with measurements at both ages were used. This resulted in a decrease of approximately 20% from the sample size at age 10; this reduction in sample size was the same for the high dose and low dose groups and for both cities and sexes.

比較した8項目中5項目において, 10歳時の減少のほうが大である。そのうえ, 10歳時の差のうち三つが, 統計的に有意であった(広島・長崎の男児の頭囲と, 広島の子供の身長)。しかし17歳時には長崎の男児の頭囲の差のみが有意であった。

このように放射線の影響は10歳時に存在し, 17歳まで持続したことは明らかであるようである。いくつかの例において, 数は少ないけれども9歳時測定値について検討した結果は, ほとんど同様であった。このことから考えて, 最初の診察が予定される前から放射線の影響が現われていたと考えられる。

10歳から17歳までの成長と発育。10歳から17歳までの絶対成長を比較するのに10歳時と17歳時の2回とも測定した子供だけを使用した。この結果, 対象者総数は10歳時の対象者数よりも約20%減少した。この減少は高線量群と低線量群ならびに, 両市, 両性ともに同じであった。

TABLE 2 ABSOLUTE GROWTH FROM AGE 10 TO 17 FOR THOSE WITH MEASUREMENTS AT BOTH AGES

表2 10歳時と17歳時に測定した子供の年齢間の絶対成長値

Sex 性	Distance 距離	T65D rad	Measurement 測定					
			Head Circumference 頭囲			Height 身長		
			No. 対象者数	Mn. Growth 絶対成長 cm	SD 標準偏差	No. 対象者数	Mn. Growth 絶対成長 cm	SD 標準偏差
Hiroshima 広島								
Male 男	<2000 m	100+	11	3.8	.71	10	36.1	2.73
	<2000	<100	85	3.5	.70	85	37.0	3.26
	3000+	-	65	3.5	.59	66	37.0	2.61
	NIC	市内不在	140	3.7	.72	139	38.0	3.18
Female 女	<2000	100+	13	3.3	.69	13	24.9	4.09
	<2000	<100	65	3.3	.81	68	25.5	3.95
	3000+	-	51	3.3	.62	52	26.6	3.73
	NIC	市内不在	124	3.4	.76	126	26.3	4.18
Nagasaki 長崎								
Male 男	<2000	100+	9	3.7	1.14	10	36.8	3.29
	<2000	<100	29	3.7	.54	29	36.5	2.58
	3000+	-	50	3.5	.56	51	35.7	3.61
	NIC	市内不在	45	3.6	.57	45	37.0	2.99
Female 女	<2000	100+	11	3.7	.56	11	27.8	3.34
	<2000	<100	22	3.5	.45	22	26.1	3.93
	3000+	-	34	3.4	.52	35	26.2	3.96
	NIC	市内不在	41	3.4	.60	41	26.3	4.13

In Table 2 absolute growth values are given for both dose groups within 2000 m and for the distal and not-in-city groups. These show no evidence of any radiation effect for growth of head circumference or height between these ages. The only consistent pattern, for both head circumference and height, is that the females grew less than the males.

In studying the rate of growth the sample was further restricted to children who had been examined biennially but again there was no evidence that the number of subjects dropped varied by dose class or sex, although there was a difference by city. Hiroshima had a much lower proportion acceptable than did Nagasaki, and in particular at ages 13 and 14 almost no head circumferences were recorded in Hiroshima.

The maximum growth rates and the ages at which they occurred are given in Table 3 for both dose groups within 2000 m and for the distal and not-in-city groups. These show no evidence of any radiation effect. In a few instances the maximum rates occurred at more than one age. In such cases the youngest age was used (supplementary analysis

表2に2000 m未満の両線量群、遠距離被爆群、および市内不在群に関する絶対成長値を示す。これらの数値から放射線がこれらの年齢期間における頭囲または身長の発育に影響を及ぼしたという証明は得られない。唯一の明確なことは頭囲と身長において男子より女子の成長度がより小さい点である。

成長率の調査に関し、さらに2年ごとの診察を受けた子供だけに限定した場合も、線量や性別による減少の差異は何ら認められなかった。ただし、両市間の差異は認められた。長崎に比べて広島を受診率は非常に低く、特に広島においては13歳と14歳の頭囲はほとんど記録されていない。

最大成長率とそれが認められた年齢を2000 m未満の両線量群、遠距離被爆群、および市内不在群について表3に示すが、これによれば放射線の影響は何ら認められないことがわかる。最大成長率が一つの年齢以上で起こった例がわずかにある。このような場合は最も少ない年齢を

TABLE 3 MAXIMUM RATE OF GROWTH FROM AGE 10 TO 17 & AGE OF MAXIMUM RATE BASED ON MEASUREMENTS AT LEAST EVERY OTHER EXAM FROM AGE 10 TO 17

表3 10歳から17歳時までの最大成長率と、10歳から17歳までの間に少なくとも1年おきに測定して最大成長率が認められた年齢

Sex 性	Distance 距離	T65D rad	Measurement 測定									
			Head Circumference 頭囲				Height 身長					
			No. 対象者数	Max. Rate 最大成長率 cm/mo	SD 標準偏差	Age 年齢 mo	SD 標準偏差	No. 対象者数	Max. Rate 最大成長率 cm/mo	SD 標準偏差	Age 年齢 mo	SD 標準偏差
Hiroshima 広島												
Male 男	<2000 m	100+	0	-	-	-	-	9	.743	.109	163	17.1
	<2000	<100	0	-	-	-	-	79	.809	.142	163	14.8
	3000+	.	0	-	-	-	-	49	.793	.124	165	16.8
	NIC 市内不在		0	-	-	-	-	117	.814	.130	166	15.9
Female 女	<2000	100+	0	-	-	-	-	10	.629	.097	140	22.3
	<2000	<100	0	-	-	-	-	48	.644	.120	137	12.4
	3000+	.	0	-	-	-	-	40	.673	.146	142	15.8
	NIC 市内不在		0	-	-	-	-	92	.657	.110	139	14.6
Nagasaki 長崎												
Male 男	<2000	100+	9	.087	.033	179	16.9	10	.886	.316	162	17.0
	<2000	<100	29	.106	.042	172	16.7	29	.803	.147	166	12.0
	3000+	.	48	.094	.032	172	17.3	49	.798	.145	164	14.6
	NIC 市内不在		44	.097	.024	174	16.3	44	.816	.104	165	12.2
Female 女	<2000	100+	11	.116	.041	148	15.6	11	.630	.131	148	14.9
	<2000	<100	21	.094	.022	144	16.2	21	.681	.085	137	8.4
	3000+	.	34	.099	.032	150	18.9	34	.659	.110	138	13.5
	NIC 市内不在		37	.099	.026	147	17.1	36	.645	.107	140	14.3

showed that this choice had negligible effects on the results). Again, the only consistent pattern in these results is a sex difference. The females had a lower maximum growth rate for height and the maximum rates for both head circumference and height occurred at about 11.5 to 12 years of age, while maximum rates for the males occurred at about 13.5 to 14.5 years of age. These ages are consistent with the estimates of age for maximum growth cited earlier.

Comparison Groups. The same calculations were performed for the comparison groups; the number, means, and standard deviations are given for these measurements at age 10 and age 17 in Table 4. As shown in Tables 2 and 3, the absolute growth, the maximum growth rates and the ages were, in general, consistent with those found for the proximal group. Thus, again no evidence of a radiation effect was seen in the growth and development process from ages 10 to 17.

Trimester of Gestation. The number, means, standard deviations, and differences in means at age 10 between the high and low dose groups are given

採った(補足解析によると、この選択は解析結果にほとんど影響を及ぼしていない)。さらに、これらの結果において唯一の確実なことは性別の差異である。女子では身長最大の成長率が低く、頭囲、身長の両方に最大率がみられるのは、ほぼ11.5歳から12歳である。一方、男子の最大率は13.5歳から14.5歳にみられる。これらの年齢は前に述べた最大成長の推定年齢と一致する。

比較群。 同じ算定を各比較群に対しても行なった。表4に10歳時と17歳時の測定について、その対象者数、平均値および標準偏差を示す。表2、表3で示すように、絶対成長や、最大成長率、およびその年齢は概して近距離群にみられるものと一致した。このように10歳から17歳までの成長と発育過程において放射線の影響は何もみられなかった。

妊娠3か月期。 表5に10歳時の高線量群と低線量群における対象者数、平均値標準偏差および平均値差を妊

TABLE 4 NUMBER, MEAN, & STANDARD DEVIATION FOR THE DISTAL GROUPS AT AGE 10 AND 17

表4 10歳と17歳時における比較群の対象者数, 平均値, 標準偏差

City 市	Sex 性	Distal group 比較群	Age 年齢					
			10			17		
			No. 対象者数	Mean 平均値 cm	SD 標準偏差	No. 対象者数	Mean 平均値 cm	SD 標準偏差
Head Circumference 頭囲								
Hiroshima 広島	Male 男	3000+ NIC 市内不在	74 166	51.3 51.4	1.21 1.26	177 162	55.0 55.2	1.39 1.38
	Female 女	3000+ NIC 市内不在	60 164	50.7 50.7	1.23 1.32	78 137	54.1 54.1	1.36 1.54
Nagasaki 長崎	Male 男	3000+ NIC 市内不在	64 58	51.4 51.7	1.40 1.24	57 46	54.9 55.4	1.52 1.16
	Female 女	3000+ NIC 市内不在	49 52	51.0 51.1	1.30 1.29	50 43	54.4 54.5	1.37 1.38
Height 身長								
Hiroshima 広島	Male 男	3000+ NIC 市内不在	75 165	127.4 127.5	5.57 4.98	177 163	165.3 165.7	6.05 5.68
	Female 女	3000+ NIC 市内不在	62 164	127.3 127.9	4.91 5.37	182 141	154.0 153.8	5.06 5.16
Nagasaki 長崎	Male 男	3000+ NIC 市内不在	64 58	126.2 129.1	5.05 4.99	58 46	163.1 166.6	6.92 4.92
	Female 女	3000+ NIC 市内不在	49 52	126.3 126.5	5.40 5.76	51 43	153.7 152.8	5.18 5.18

in Table 5, by trimester groups. Note that here the high dose group is taken as those whose dose was 50 rad or more and the low dose group as those less than 50 rad (the average dose of the 50 rad or more group is approximately 152 rad and for the under 50 rad group approximately 16 rad). This was done because there were too few first trimester children for analysis who had doses estimated at 100 rad or more.

The most interesting feature of this table is that the first trimester "high dose - low dose" differences are consistently (seven out of eight comparisons) larger than for the second and third trimester. Moreover, only for the Hiroshima males is the difference between the high and low dose values more than 0.4 cm for the second and third trimester cases. However, if the high dose means for the first trimester are compared with those for the second and third trimester, only for head circumference are the first trimester means consistently smaller than the second and third trimester means.

Thus, it is plain that decreased head circumference as a consequence of radiation is especially promi-

娠3か月期別に示す。ここでは50 rad以上の者を高線量群とし、50 rad以下を低線量群とした(50 rad以上群の平均線量はほぼ152 radであり、50 rad以下群はほぼ16 radである)。こうした理由は解析に際し100 rad以上の線量を受けたと思われる第1妊娠3か月期の子供がほとんどいなかったためである。

この表の最も興味ある特徴は第1妊娠3か月期の「高線量群-低線量群」の差異が第2, 第3妊娠3か月期よりも一貫して大きい(8比較例中7例)ことである。また、広島の子供のみについては第2, 第3妊娠3か月期の高線量群と低線量群との間に0.4 cm以上の差が認められた。しかしながら第1妊娠3か月期の高線量群の平均値と第2, 第3妊娠3か月期の高線量群の平均値との差を比較すると、頭囲のみについては第1妊娠3か月期の平均値が第2, 第3妊娠3か月期の平均値より小さい。

このように、放射線の影響により頭囲の小さいことが第1妊娠3か月期に特に出現していることは明らかであ

TABLE 5 NUMBER, MEAN, STANDARD DEVIATION AND DIFFERENCE IN MEANS BY TRIMESTER CLASSES FOR HIGH DOSE AND LOW DOSE SUBGROUPS WITHIN 2000 m AT AGE 10

表5 10歳時の2000m未満被爆群中の高線量群と低線量群の妊娠3か月期別の対象者数、
 平均値、標準偏差および平均値差

City 市	Sex 性	T65D rad	Trimester 妊娠3か月期							
			1			2&3			Diff. 平均値差 cm	
No. 対象者数	Mean 平均値 cm	SD 標準偏差	No. 対象者数	Mean 平均値 cm	SD 標準偏差					
Head Circumference 頭囲										
Hiroshima 広島	Male 男	50+	9	48.6	3.18	27	50.0	1.31	1.4	
		<50	19	50.8	1.43					
	Female 女	50+	3	47.8	2.06	21	50.4	1.81	0.2	
		<50	16	49.7	1.36					
Nagasaki 長崎	Male 男	50+	10	49.3	1.42	12	50.8	3.09	0.3	
		<50	11	51.3	1.52					
	Female 女	50+	6	50.8	1.10	18	54.2	1.11	1.0	
		<50	6	52.0	0.97					
Height 身長										
Hiroshima 広島	Male 男	50+	9	127.7	7.53	26	125.5	5.30	2.0	
		<50	18	129.4	3.50					
	Female 女	50+	3	124.0	3.00	22	129.0	5.98	-1.8	
		<50	17	124.8	5.19					
Nagasaki 長崎	Male 男	50+	10	125.1	6.56	12	125.4	8.68	-0.1	
		<50	11	126.4	5.63					
	Female 女	50+	6	128.2	6.15	18	125.5	7.61	0.4	
		<50	6	131.3	3.72					

nent in the first trimester children. However, whether the effect of radiation on standing height is largely confined to those children irradiated in the first trimester seems questionable on the basis of the available evidence.

Further examination of absolute growth and rates of growth by trimester revealed no evidence of a trimester effect on growth and development from ages 10 to 17.

DISCUSSION

It has been evident for many years, following Miller's original report¹² that the human fetus, especially in the first trimester, is severely affected by a large radiation insult, and that the deleterious effects of such an insult can be seen in terms of diminished height, and more especially diminished head circumference, not infrequently accompanied by mental retardation, sometimes of considerable severity. These effects have been noted to be observable at various ages from 10 to 17. Our review of the measurement data from ages 10 to

る。しかしながら放射線の影響による身長の減少の大部分が第1妊娠3か月期にのみみられるとすることは他の調査結果からみると疑問である。

さらに、絶対成長と成長率を妊娠3か月期別に調べたところ、10歳から17歳までの成長と発育に関しては影響はみられなかった。

考 察

Miller が最初の報告¹²をして以来、第1妊娠3か月期においてヒトの胎児が大量の放射線照射によりひどく影響を受け、そして、放射線照射の有害な影響としては、身長が低く、特に頭囲がより小さく、知能遅滞をしばしば伴い、時々それは非常に強度なことが、長年の間認められている。これらの放射線の影響は10歳から17歳までの各年齢において認められている。10歳時と17歳時の測定値に関するわれわれの調査目的は、この年齢の間に

17 has had the objective of determining whether the growth process itself between those ages also showed evidence of a radiation effect. The answer appears to be that it did not: The children who received large radiation doses as fetuses were small, and had small heads, at age 10 and were similarly disadvantaged at age 17, but during this 7 year period their growth seemed about average. The amount by which they grew was about the same as that of those who received only small radiation doses, and the ages at which the peak growth rates occurred were essentially the same.

The radiation effect thus expressed itself very early in the lives of these children and there was no subsequent recovery. Equally, there was no apparent worsening of growth patterns after age 10. The fact that the effect of radiation had already been expressed by the age of puberty must have important implications for any theory designed to explain the mechanism by which the effect is produced. From this point of view, it is, indeed, regrettable that systematic measurements on these children were not made until they were 10 years old.

It is of interest that radiation effects on subsequent head size seem to be concentrated among those exposed during the first trimester, in contrast to effects on stature which seem to be present in children of all trimesters. Although we have no information about mechanisms, it seems reasonable to believe that two different targets of the radiation may be involved, perhaps the developing brain tissue itself in one instance, and some other, more general growth-regulating system in the other.

成長過程において、放射線の影響があるかどうかを観察することであり、その答えは影響がないということであった。すなわち、胎児の時、大量の放射線を受けた子供は10歳時、身体が小さく、頭も小さかった。そして17歳時にも同様の悪い状態にあった。しかしこの7年間における成長は普通のものであった。成長した量は低線量の放射線を受けた子供のそれと同一であった。また成長率の最高点もほぼ同一であった。

放射線の影響は胎内被爆児の非常に幼年時に現われ、そして、その影響はその後回復していない。一方、10歳以後の成長の型が見かけ上悪くなっていることもないようである。放射線の影響が思春期の年齢までに出現してしまっているということは、その影響が現われる機序を説明するために考えられるあらゆる仮説にとっても重要なかわりあいを持つはずである。この観点からみると、10歳になるまで胎内被爆児の組織的身体計測をしなかったことは実際、残念なことである。

身長に対する放射線の影響が各妊娠3か月期別にかかわりなく現われているのに対して、頭の大きさに対する影響が主として第1妊娠3か月にあった子供の10歳以降において現われていることは興味ある事実である。われわれはその「からくり」に関する知識を持たないが、放射線が二つの異なった部位、すなわち、一つはおそらく発達途上にある脳組織、他のもう一つはより全般的な成長を調節する系統を侵すのではないかと考えることは妥当であろう。

REFERENCES

参考文献

1. SUTOW WW, WEST E: Studies on Nagasaki (Japan) children exposed in utero to the atomic bomb: A roentgenographic survey of the skeletal system. *Am J Roentgenol* 74:493-9, 1955 (ABCC TR 31-A-59)
2. BURROW GN, HAMILTON HB, MAN EB: Serum butanol extractable iodine values of adolescents exposed in utero to the atomic bomb in Nagasaki, Japan. *Am J Med Sci* 243:751-7, 1962 (ABCC TR 21-61)
3. BURROW GN, HAMILTON HB, HRUBEC Z: Study of adolescents exposed in utero to the atomic bomb, Nagasaki, Japan. 1. General aspects: Clinical and laboratory data. *Yale J Biol Med* 36:430-44, 1964 (ABCC TR 21-63)
4. FINCH SC, JABLON S, HRUBEC Z: Growth and development studies, Hiroshima and Nagasaki. Research Plan. ABCC TR 5-62
5. YAMAZAKI JN, WRIGHT SW, WRIGHT PM: Outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb in Nagasaki. *Am J Dis Child* 87:448-63, 1954 (ABCC TR 24-A-59)
6. PLUMMER G: Anomalies occurring in children exposed in utero to the atomic bomb in Hiroshima. *Pediatrics* 10:687-93, 1952 (ABCC TR 29-C-59)
7. BURROW GN, HAMILTON HB, HRUBEC Z: Study of adolescents exposed in utero to the atomic bomb, Nagasaki, Japan. 2. Growth and development. *JAMA* 192:357-64, 1965 (ABCC TR 10-64)
8. WOOD JW, JOHNSON KG, OMORI Y: In utero exposure to the atomic bomb, Hiroshima. Follow-up at 20 years. *Pediatrics* 39:385-92, 1967 (ABCC TR 9-65)
9. WOOD JW, JOHNSON KG, OMORI Y, KAWAMOTO S, KEEHN RJ: Mental retardation in children exposed in utero to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. *Am J Public Health* 57:1381-90, 1967 (ABCC TR 10-66)
10. WOOD JW, KEEHN RJ, KAWAMOTO S, JOHNSON KG: The growth and development of children exposed in utero to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. *Am J Public Health* 57:1374-80, 1967 (ABCC TR 11-66)
11. BLOOM AD, NERIISHI S, ARCHER PG: Cytogenetics of in utero exposed subjects, Hiroshima and Nagasaki. *Lancet* 2:10-2, 1968 (ABCC TR 7-68)
12. MILLER RW: Delayed effects occurring within the first decade after exposure of young individuals to the Hiroshima atomic bomb. *Pediatrics* 18:1-18, 1956 (ABCC TR 32-59)
13. 河本定久: 胎内原爆被爆小頭症, 長崎 (疫学および臨床). *長崎医学会雑誌* 43: 877-81, 1968年
(KAWAMOTO S: Microcephaly in children exposed in utero to the atomic bomb, Nagasaki (Epidemiology and clinical findings). *Nagasaki Igakkai Zasshi-Nagasaki Med J*)
14. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 radiation dose estimation for atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 1-68
15. JABLON S, KATO H: Childhood cancer in relation to prenatal exposure to atomic-bomb radiation. *Lancet* 2:1000-3, 1970
16. 総理府統計局: 第8回日本統計年鑑, 昭和32年. 東京, 日本統計協会, 1957年
(BUREAU OF STATISTICS, OFFICE OF THE PRIME MINISTER: *Japan Statistical Yearbook*, 1957. Tokyo, Japan Statistical Association, 1957. Table 279, p 482)