

**HEMATOLOGICAL FINDINGS FOR CHILDREN
EXPOSED IN UTERO - HIROSHIMA**

胎内で被爆した広島児童の血液学的所見

TSUGISO TAKAMURA, M.D. (高村二三)

SHOICHI UEDA (上田尚一)



THE ABCC TECHNICAL REPORT SERIES
A B C C 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、ABCC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、ABCC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たせ、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ABCC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ABCC職員及び関係方面にのみ配布する。

HEMATOLOGICAL FINDINGS FOR CHILDREN EXPOSED IN UTERO - HIROSHIMA

胎内で被爆した広島児童の血液学的所見

TSUGISO TAKAMURA, M.D.¹ (高村二三)

SHOICHI UEDA² (上田尚一)

From ABCC Departments of Medicine¹ and Statistics
and Hiroshima Branch Laboratory, National Institute of Health²
ABC臨床部¹, 統計部および国立予防衛生研究所広島支所²



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION
Hiroshima - Nagasaki, Japan

A Research Agency of the
U.S. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL
under a grant from
U.S. ATOMIC ENERGY COMMISSION
administered in cooperation with the
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH of the MINISTRY OF HEALTH & WELFARE

原爆傷害調査委員会
広島一長崎

厚生省国立予防衛生研究所
と共同運営される
米国学士院一学術会議の在日調査研究機関
(米原子力委員会研究費に依る)

TABLE OF CONTENTS

目 次

	<i>Page</i>
List of Tables and Figures	i
挿入図表一覧表	
Introduction	1
緒 言	
Material and Methods	1
資料および方法	
Results	3
結 果	
Leukocyte Changes	3
白血球の変化	
Yearly Changes in Red Cell Indices and Sedimentation Rates	8
赤血球指数および赤血球沈降速度の年度別変化	
Changes in Hematologic Values in Relation to Exposure in Utero	9
胎内で受けた放射線による血液所見の変化	
Discussion	11
考 察	
Summary	12
総 括	
References	13
参考文献	

LIST OF TABLES AND FIGURES

挿入図表一覧表

Page

Table	1.	Number of children examined yearly from 1950 to 1958 by semester of gestation ATB, sex, and distance from hypocenter	2
表		1950—1958年の各年に検査した児童数, 原爆時の妊娠期別および爆心地からの距離別	
	2.	Differential leukocyte counts per cubic millimeter by age, sex, and year of examination	4
		性, 年齢および検査年度別の白血球分類, 1mm^3 当りの血球数	
	3.	Red cell indices and sedimentation rates by age, sex, and year of examination	8
		性, 年齢および検査年度別の赤血球指数ならびに赤血球沈降速度	
Figure	1.	Yearly change of leukocyte levels, in utero sample, sexes combined	4
図		白血球分類の年次変化 (男女合計)	
	2.	Distribution of leukocyte counts, 1953 and 1957, sexes combined	5
		1953年および1957年の白血球数の分布 (男女合計)	
	3.	Leukocyte counts for children aged 1 to 14 ATB, sexes combined	6
		原爆時年齢1才—14才の児童の白血球数 (男女合計)	
	4.	Leukocyte counts for children exposed in utero, adjusted to age 10	6
		胎内で被爆した児童の白血球数, 年齢10才の値に換算	
	5.	Total leukocyte and eosinophil counts in worm infested children	7
		寄生虫卵保有児の白血球数および好酸球数	
	6.	Prevalence of parasites in children by sex, age, and year	7
		性, 年齢および年度別の寄生虫保有率	
	7.	Scatter diagram of hematology data, exposed in utero, mean of eight examinations performed during 1950-57	10
		胎内被爆児の血液学的数値の散布図, 1950—57年に行なわれた8回の検査の平均値	

HEMATOLOGICAL FINDINGS FOR CHILDREN EXPOSED IN UTERO - HIROSHIMA

胎内で被爆した広島児童の血液学的所見

INTRODUCTION

Many hematological studies have been conducted concerning the survivors of the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki, but since few have dealt with the children irradiated in utero¹⁻⁴ this investigation was focused on the general hematological findings in these children. A group of children exposed to the Hiroshima A-bomb while in utero and a nonexposed group have been examined yearly at the Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) since 1950. Hematological data obtained during these examinations form the basis of this report.

MATERIAL AND METHODS

The studies were initiated in 1950 on a group of 205 children who were in the first semester (first half) of gestation at the time of the bomb (ATB) in August 1945. The initial examinations on this group were completed when the children were four years six months of age and subsequent examinations were conducted within two weeks of their birthdays. In 1951, at age five, 177 exposed children were re-examined, and an appropriate nonexposed group of 177 was included for control purposes. In 1953, children exposed during the second semester (second half) of gestation and appropriate nonexposed children were added, making a total of 527 subjects under study. In 1955 the sample was enlarged to 1020 as omissions were discovered in the list of exposed children. This sample was followed until 1958. Not all of the children in the sample defined at any given time could be examined, of course, so that the

緒言

広島および長崎に投下された原子爆弾被爆者について多くの血液学的研究が実施されてきたが、胎内¹⁻⁴で被爆した児童を取り扱ったものが殆んどなかったため、これら胎内被爆児の一般血液学的所見について調査を行なった。1950年以来毎年原爆傷害調査委員会(ABCC)では胎内で被爆した児童の一群および非被爆者群を検査してきた。この報告はこれらの検査によって得られた血液学的資料に基づくものである。

資料および方法

1945年8月の原爆当時妊娠前期(前半期)にあった児童205人を対象として、1950年から調査が始められた。この群の第1回目の検査は、児童が4才半の時に行なわれ、その後各年次とも誕生日の前後2週間以内に検査された。1951年すなわち5才の時177人の被爆児が再検査され、また適当な非被爆児177人が対照群として調査対象に加えられた。1953年には妊娠後期(妊娠後半期)に被爆した児童および適当な非被爆児がこれに含められたので調査対象の総数は527人となった。1955年には、被爆児のリストにもれのあることがわかったのでサンプルは1020に拡大された。この対象について1958年まで継続して検査が行なわれた。各年次とも調査の対象となった児童全員を検

number available for analysis is variable and somewhat less than the total sample sizes. In certain analyses reported here data were obtained from another group of children aged one to fourteen years ATB, who also underwent periodic examinations in another project at ABCC during the years 1951-58.

For purposes of analysis, the laboratory values obtained during yearly examinations at ages five to twelve were tabulated. To determine any differences due to radiation, in some tables the exposed group has been divided according to distance from the bomb hypocenter. The available evidence

査することはできなかったもので、実際に利用し得る数は一定しておらず、また予定されたサンプル数より幾分小さい。また、原爆時既に1才から14才であった児童についても1951—1958年の間定期的に検査が行なわれているが、この資料も比較のために利用している。

この研究のため、5才から12才までの年次調査の結果を集計した。放射線による差異を見出すことができるよう、一部の表では爆心地からの距離によって被爆群を区分した。現在知られている資料によれば、被爆者の受けた線量は2000m以遠

TABLE 1 NUMBER OF CHILDREN EXAMINED YEARLY FROM 1950 TO 1958 BY SEMESTER OF GESTATION ATB, SEX, AND DISTANCE FROM HYPOCENTER

表1 1950—1958年の各年に検査した児童数、原爆時の妊娠期別および爆心地からの距離別

YEAR OF EXAM.	年度	TOTAL EXAMINED	GESTATION ATB 原爆時妊娠期		DISTANCE FROM HYPOCENTER 爆心地からの距離				
			FIRST† SEMESTER 前期	SECOND‡ SEMESTER 後期	0- 1499	1500- 1999	2000- 2499	2500- 9999	NON- EXPOSED 非被爆
AGE AT EXAM.	年齢	計							
MALE 男									
1950-51	5*	111	110	1	18	10	10	33	40
1951-52	6	141	127	14	16	12	10	30	73
1952-53	7	127	115	12	13	11	9	29	65
1953-54	8	158	78	78	34	19	9	52	42
1954-55	9	200	75	125	38	43	28	71	20
1955-56	10	492	208	284	57	60	53	107	215
1956-57	11	429	205	224	53	61	50	92	173
1957-58	12	454	197	257	54	70	54	103	173
FEMALE 女									
1950-51	5	106	105	1	13	12	16	29	36
1951-52	6	138	133	5	10	12	16	29	71
1952-53	7	126	120	6	9	12	15	26	64
1953-54	8	134	73	61	28	17	13	45	31
1954-55	9	185	75	110	32	40	40	58	15
1955-56	10	450	188	262	40	58	63	92	197
1956-57	11	383	181	202	39	51	53	91	149
1957-58	12	412	182	230	40	54	63	100	155

*Examined within two weeks of birthday. In subsequent tables data collected in examination cycles will be referred to by the initiating year of each cycle. A column heading '1950' carries data covering July 1950 through June 1951; '1957' refers to July 1957 through June 1958, etc.

誕生日前後の2週間以内に検査された。以下の表では検査年度は各周期のはじめの年で示した。従って '1950年' と表示してある欄は、1950年7月から1951年6月末までの資料をあらわし、'1957年' は1957年7月から1958年6月末までのものを示す。

†Defined by date of birth or occurring between 1 January-30 May 1946.

出生日によって定義される。すなわち1946年1月1日と同年5月30日との間に生れたもの。

‡Defined by date of birth or occurring between 6 August-31 December 1945.

出生日によって定義される。すなわち1945年8月6日と同年12月31日との間に生れたもの。

indicates that exposure beyond 2000 meters was associated with minimal radiation, probably less than 20 rads in air dose.⁵ Table 1 provides a summary of information on the number of examinees actually available for analysis year by year, at the time of tabulation in 1959.

Hematologic studies were performed by standard methods used in the ABCC laboratory.^{6,7} Hemoglobin was determined by the oxyhemoglobin method and sedimentation rate by the method of Wintrobe. Stool specimens were examined for ova and parasites by two different concentration methods.

RESULTS

The small size of the samples necessitated pooling the data of all years for the analysis of radiation effect. Therefore, the hematologic data of the entire group are discussed first in order to detect changes occurring with time, following which are presented specific analyses of the material relating to radiation exposure.

LEUKOCYTE CHANGES. Preliminary analysis by means of Fisher's analysis of variance technique revealed significant variation by year of examination, but not by semester of gestation or by sex (except in erythrocytes and sedimentation rate). As shown in Figure 1 and Table 2 the mean white cell count of the children fell progressively from 1950 to 1957 with the most striking change occurring in the earlier years. Study of the individual cell types revealed that only the eosinophil level fell disproportionately from 1950 to 1957. The other cell types, as indicated in Figure 1, showed no appreciable change in their relative proportions. The absolute fall in eosinophils from a mean of 820/cu mm in 1950 to 270/cu mm in 1957 accounts for 20 per cent of the total mean leukocyte decrease of 2800/cu mm recorded during these years.

ではごくわずかであり、恐らく空中線量で20 rad 以下と思われる⁵。年度別の解析に実際に用いられた被検者数を1959年の集計によって表1に示した。

血液検査はA B C C臨床検査部で用いられる標準検査法^{6,7}によって実施された。血色素量は酸化ヘモグロビン法により、赤血球沈降速度はWintrobe法により測定された。便の検査については虫卵および寄生虫の検出に2種の異なった濃縮法が用いられた。

結 果

放射線の影響の解析を行なうにはサンプル数が少ないので、各年度の資料を一括することが必要である。従って先ず年次変化を検出するために全群の血液学的資料を検討し、次いで放射線の影響を見るための解析を行なった。

白血球の変化 Fisherの分散分析法によって行なった予備解析の結果、検査年度別に有意な変動が認められたが、妊娠期別または性別（赤血球および赤血球沈降速度を除く）には有意な変動が認められなかった。図1および表2に示すように、児童の白血球数平均値は、1950年から1957年まで年々低下したが、その変動は最初の2—3年において最も顕著であった。白血球分類では、1950年から1957年までを通じて、好酸球の比率が他と比べて著しく低下した。図1の右側に示すとおり、その他の細胞については、それぞれの比率にはっきりした変化が認められなかった。好酸球の白血球数が1950年の平均値 820/mm³ から1957年の 270/mm³ まで低下しているが、これは同じ期間における白血球総数の減少2800/mm³ の20%に相当する。

FIGURE 1 YEARLY CHANGE OF LEUKOCYTE LEVEL IN UTERO SAMPLE, SEXES COMBINED

図1 白血球分類の年次変化 (男女合計)

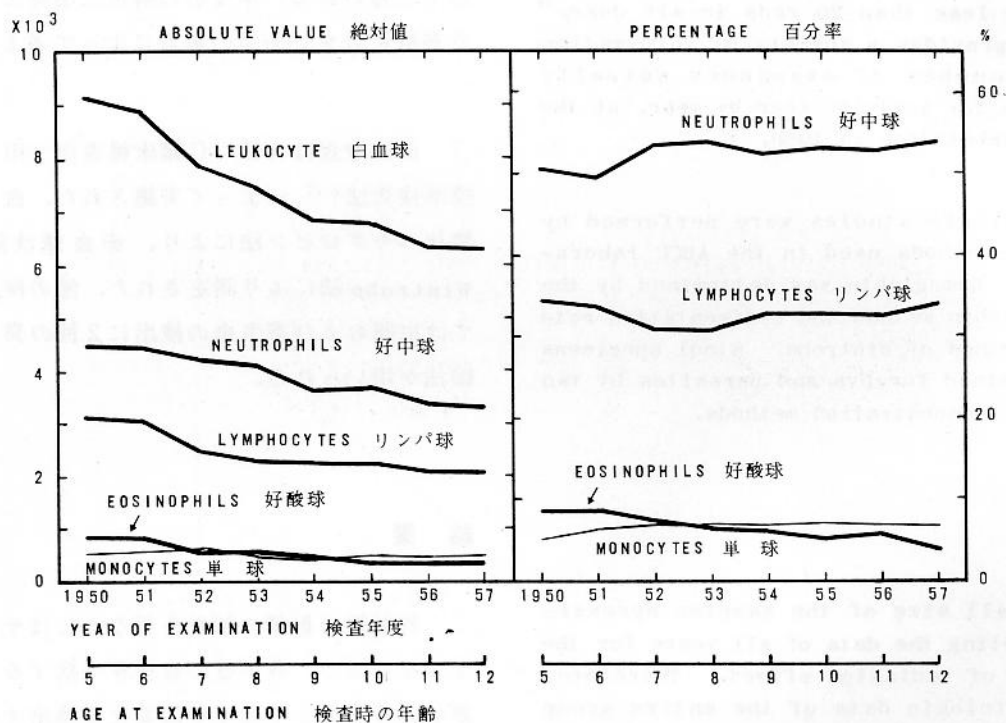


TABLE 2 DIFFERENTIAL LEUKOCYTE COUNTS PER CUBIC MILLIMETER BY AGE, SEX, AND YEAR OF EXAMINATION

表2 性、年齢および検査年度別の白血球分類, 1 mm^3 当りの血球数

YEAR OF* EXAM.	年度	TOTAL LEUKOCYTE	CELL TYPE				白血球分類	
			NEUTROPHILS	EOSINOPHILS	BASOPHILS	LYMPHOCYTES	MONOCYTES	
AGE AT EXAM.	年齢	計	好中球	好酸球	好塩基球	リンパ球	単球	
MALE 男								
1950	5	8750	4360	770	80	3060	480	
1951	6	8730	4440	750	80	2860	600	
1952	7	7690	4130	540	70	2350	600	
1953	8	7410	4080	500	70	2220	550	
1954	9	6960	3740	430	60	2230	510	
1955	10	6900	3710	400	60	2200	530	
1956	11	6430	3370	400	90	2090	480	
1957	12	6260	3360	290	80	2080	460	
FEMALE 女								
1950	5	9390	4760	870	70	3210	490	
1951	6	9090	4410	870	60	3150	590	
1952	7	7990	4270	590	60	2500	560	
1953	8	7550	4080	530	60	2330	540	
1954	9	6690	3490	440	60	2240	470	
1955	10	6740	3580	360	60	2270	470	
1956	11	6290	3340	350	80	2070	450	
1957	12	6340	3500	240	80	2080	440	

*See footnote Table 1.

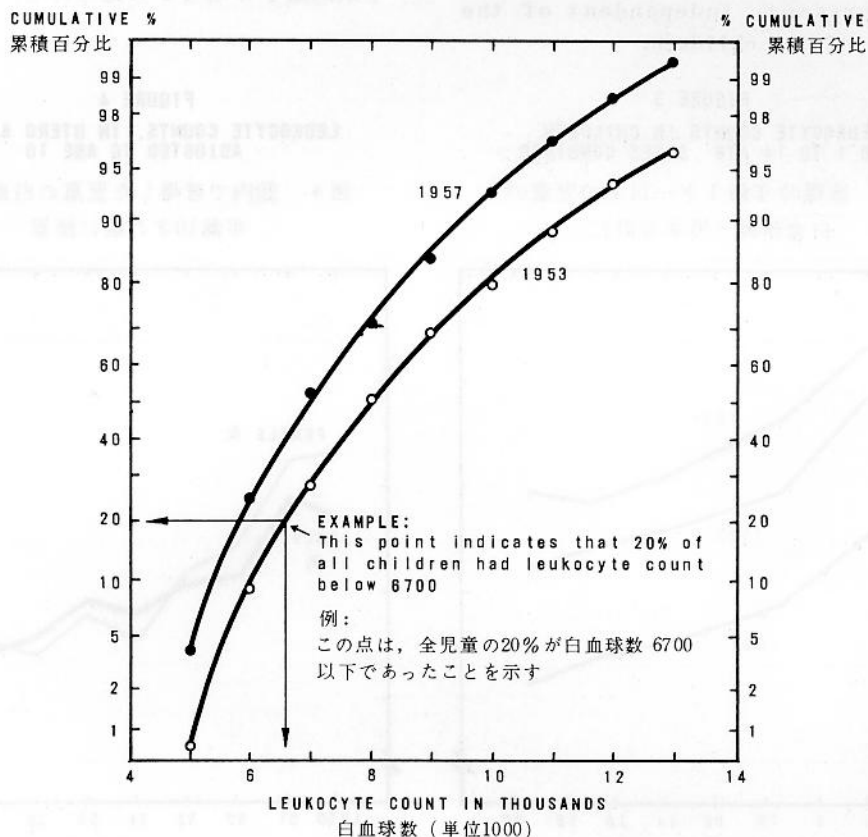
表1の脚注参照

The change in leukocyte level represents a general shift in the entire distribution of values rather than a decrease in the number of subjects with leukocytosis or an increase in the number with leukopenia. This fact is best illustrated by the observation that the probability distribution curves for 1953 and 1957 are parallel (Figure 2).

白血球数の変化は、白血球数の分布が全体としてずれたのであって、白血球増多症の例数減少または白血球減少症の例数増加によるものではない。1953年および1957年に対する分布曲線が平行していることがこの事実を最もよく示している（図2）。

FIGURE 2 DISTRIBUTION OF LEUKOCYTE COUNTS, 1953 AND 1957 SEXES COMBINED

図2 1953年および1957年の白血球数の分布（男女合計）



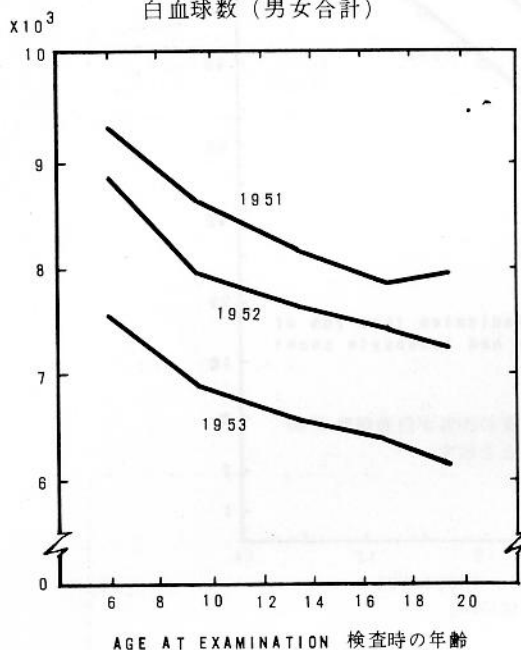
A decrease in leukocyte count as children grow older repeatedly has been observed⁸⁻¹¹ but the rather marked changes observed in this sample seemed more than could be explained by age alone. In order to determine the leukocyte changes due to age alone, observations on the sample of children under fourteen years of age ATB were analyzed. These children were, of course, of mixed ages at the time of examination, but beginning in 1951 were examined annually. Mean leukocyte counts at any time were found to be lower in older

児童の年齢とともに白血球数が減少することは再三観察されてきたが、⁸⁻¹¹ このサンプルにおいて観察された著しい変化は、年齢のみによって説明できる程度のものではない。年齢だけによる白血球数の変動を求めるために、原爆時に年齢14才未満であった児童のサンプルについても調べてみた。もちろんこれらの児童の検査時の年齢は一定していなかったが、1951年以来毎年、1年間隔で検査が行なわれてきた。平均白血球数は各年度とも年長の児童ほど低くなっているが、さらに同

children, but in addition there was a decrease in age-specific leukocyte levels with time. These data for the years 1951, 1952, and 1953 are plotted in Figure 3. From these data it has been possible to adjust the leukocyte counts of the in utero sample for changes attributable to years alone. Figure 4 shows the mean leukocyte count for the in utero sample, adjusted to age ten, so that only the variation associated with year of examination is depicted. A yearly decrease is clearly present, independent of the change in age of the children.

FIGURE 3
LEUKOCYTE COUNTS IN CHILDREN
AGED 1 TO 14 ATB SEXES COMBINED

図3 原爆時年齢1才—14才の児童の
白血球数 (男女合計)

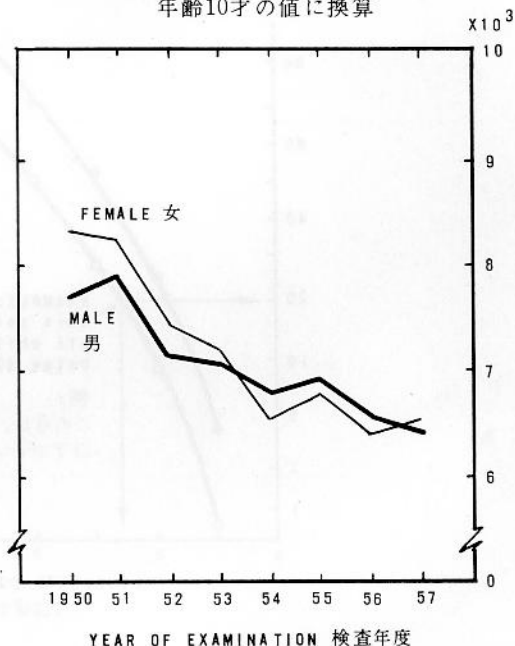


Why the leukocyte levels should decline with time was not apparent, but the concomitant fall in eosinophils suggested intestinal parasitism as a possible cause. Therefore, the leukocyte counts of the worm-infested children and the prevalence of worms were studied (Figures 5 and 6). The hookworm-infested children maintained the higher leukocyte levels but the prevalence of hookworm throughout the entire period was low (2 to 4 per cent). The prevalence of ascaris decreased year by

一年齡の児童の白血球数が毎年減少している。1951年、1952年および1953年についてこのことを示すデータを図3にかかげた。これらの資料によって、年度に起因する変化だけを示すよう胎内サンプルの白血球数を修正することができる。これによって胎内サンプルの平均白血球数の年度別変化を年齢10才に対する値に換算して示したものが図4である。児童の年齢による変化を除外しても年次的減少が明らかに見られる。

FIGURE 4
LEUKOCYTE COUNTS, IN UTERO SAMPLE
ADJUSTED TO AGE 10

図4 胎内で被爆した児童の白血球数、
年齢10才の値に換算



何故白血球数が毎年低下したかは不明であるが、好酸球数が同時に低下していることから、腸内寄生虫感染が原因かとも思われる。従って、寄生虫感染児童の白血球数および寄生虫感染率を検討した(図5, 6)。十二指腸虫感染児童については、白血球数は高値を示していたが、その感染率は全期間を通じて低かった(2から4%)。蛔

FIGURE 5 TOTAL LEUKOCYTE AND EOSINOPHIL COUNTS IN WORM INFESTED CHILDREN

図5 寄生虫卵保有児の白血球数および好酸球数

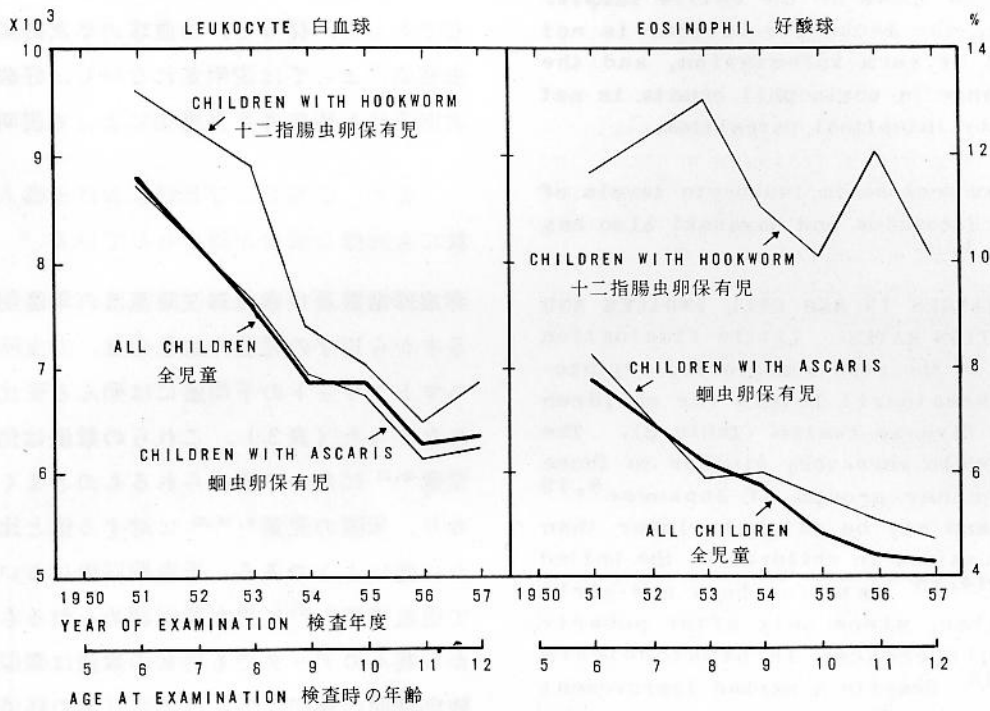
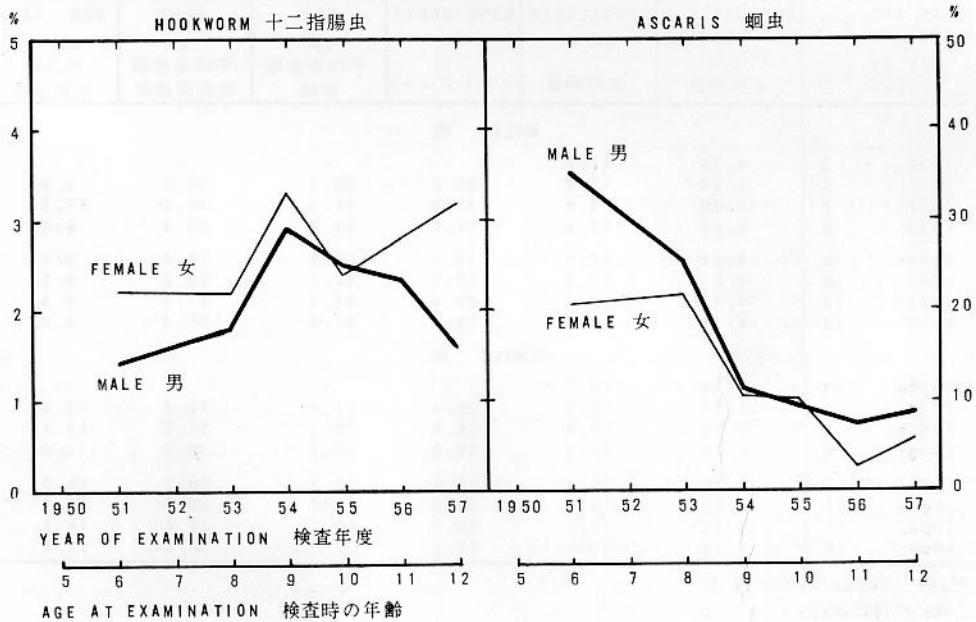


FIGURE 6 PREVALENCE OF PARASITES IN CHILDREN BY SEX, AGE, AND YEAR

図6 性、年齢および年度別の寄生虫保有率



year but the leukocyte levels in the ascaris-infested children were almost identical to those of the entire sample. Therefore, the leukocyte decline is not explained by worm infestation, and the yearly change in eosinophil counts is not explained by intestinal parasitism.

A similar decline in leukocyte levels of adults in Hiroshima and Nagasaki also has been found.¹²

YEARLY CHANGES IN RED CELL INDICES AND SEDIMENTATION RATES. Little fluctuation was noted in the mean hemoglobin, erythrocyte and hematocrit levels for children from ages five to twelve (Table 3). The general levels were very similar to those noted in other groups of Japanese^{8,13} children and may be slightly lower than comparable values in children in the United States.^{9,14,15} Data for boys and girls were similar, since only after puberty are sex differences in hematopoiesis noted.^{14,15} Despite a marked improvement in economic status in Japan during the earlier years, the hemoglobin value remained virtually constant at a level generally accepted as normal for children of this age.

虫の感染率は毎年減少していたが、蛔虫感染児童の白血球数はサンプル全体での平均値と殆んど同じであった。従って、白血球の年次的減少は寄生虫感染によっては説明されないし、好酸球数の年次別変化も腸内寄生虫感染によって説明されない。

また、広島および長崎における成人の白血球数にも同様な減少が認められている。¹²

赤血球指数及び赤血球沈降速度の年度別変化

5才から12才の児童の血色素量、赤血球数およびヘマトクリットの平均値には殆んど変化が認められなかった(表3)。これらの数値は他の日本の児童^{8,13}において認められるものとよく一致しており、米国の児童^{9,14,15}に対する値と比べてわずかに低いようである。思春期以後においてはじめて造血機能^{14,15}に男女差が認められるものであるから我々のデータでも男女の数値は類似していた。観察期間の最初の2, 3年に日本の経済状態の著しい改善があったのであるが血色素量はこの年齢の正常範囲の水準にあって事実上変動はなかった。

TABLE 3 RED CELL INDICES AND SEDIMENTATION RATES BY AGE, SEX, AND YEAR OF EXAMINATION

表3 性、年齢および検査年度別の赤血球指数ならびに赤血球沈降速度

YEAR OF* EXAM.	年度	ERYTHROCYTE 10 ⁶ /mm ³	HEMOGLOBIN gm %	HEMATOCRIT %	MCV cμ	MCHC %	SED RATE mm/hr
AGE AT EXAM.	年齢	赤血球数	血色素量	ヘマトクリット	平均赤血球 容積	平均赤血球 血色素濃度	赤血球 沈降速度
MALE 男							
1950	5	4.24	12.2	-	-	-	-
1951	6	4.24	11.7	38.2	90.3	30.7	9.9
1952	7	4.20	12.0	38.9	92.5	30.8	11.7
1953	8	4.22	12.0	39.2	93.2	30.6	9.0
1954	9	4.23	12.0	39.1	92.6	30.6	9.0
1955	10	4.31	12.2	39.7	92.1	30.9	9.0
1956	11	4.27	12.4	39.4	92.4	31.4	9.3
1957	12	4.30	12.4	39.6	91.8	31.5	8.7
FEMALE 女							
1950	5	4.16	12.1	-	-	-	-
1951	6	4.22	11.6	38.4	91.4	30.4	15.9
1952	7	4.16	12.0	38.5	92.7	31.2	19.1
1953	8	4.18	11.9	38.9	93.2	30.7	15.9
1954	9	4.20	11.9	38.9	92.8	30.7	14.3
1955	10	4.29	12.2	39.6	92.2	30.8	14.2
1956	11	4.22	12.2	39.0	92.7	31.4	14.2
1957	12	4.24	12.3	39.2	92.5	31.4	13.5

*See footnote Table 1.

表1の脚注参照

Sedimentation rates were significantly higher in girls than in boys. Although the sedimentation rates for both sexes tended to decrease somewhat with age, the magnitude of the sex difference did not change appreciably. This suggests that the well known difference in sedimentation rate between males and females is related to some factor other than active sex hormone production. Similar findings have been reported for American children by Hollinger.¹⁶

CHANGES IN HEMATOLOGIC VALUES IN RELATION TO EXPOSURE IN UTERO. A gross comparison of hematologic data first was tried but showed no significant differences among three exposure groups: exposed under 2500 meters; exposed beyond 2500 meters; and not exposed. However, such a comparison might fail to provide adequate evidence of a radiation effect even if present, since those under 2500 meters were exposed to dosages ranging from more than 700 rads (air dose) at 1000 meters from hypocenter to less than 20 rads at 2000 meters from hypocenter. Therefore, actual distance from hypocenter or an estimated dose, if available, is much to be preferred as the independent variable of analysis.

One difficulty in such analysis is the imbalance in the sample subdivisions by distance and year. Disregard for such imbalance could exaggerate the contribution of the smaller subsample. Therefore, the analysis of radiation effect was made on a balanced subsample which necessitated dropping some children from the analysis. A comparison of the excluded and the selected cases as to leukocyte, erythrocyte and hemoglobin values suggested no serious bias. This subsample consisted of 63 children who were exposed during the first semester of gestation and examined in the period 1950 through 1957.

赤血球沈降速度は男児よりも女児の方が有意に高かった。男女とも年齢と共にいくらか減少する傾向があったが、男女の差の大きさはほとんど変化がなかった。これは男女の赤血球沈降速度について一般に認められている差異が性ホルモン産生以外の何か別の因子に関係していることを示唆している。Hollinger¹⁶ は米国の児童について同じような所見を報告している。

胎内で受けた放射線による血液所見の変化 血液所見についてまずおおまかな比較を行ない、被爆に関する3つの群、すなわち爆心から2500m以内で被爆した者、爆心から2500m以上で被爆した者および非被爆者の3群間に何等有意差が認められないことがわかった。しかし2500m以内の被爆者は爆心から1000mでは700 rad（空中線量）以上、爆心から2000mでは20 rad以下と広い範囲の放射線を受けたのであるから、このおおまかな比較では放射線の影響が実在したとしても、それを十分証拠だてることはむずかしいと思われる。したがって爆心地からの実際の距離、または推定線量が利用できればそれを、解析の独立変数として用いることが望ましい。

このような解析における問題点の1つは、距離別、年度別に区分した場合、サンプル数が一定していないことである。この不均衡を無視することは小さい区分における差異を誇張することになる。従って、若干名の児童を除外して均衡をたもった副次サンプルをえらび、これについて放射線の影響の解析を行なった。なお除外したケースと標本にえらばれたケースの差異を白血球数、赤血球数、血色素量について比較したが、別に重大な偏りは認められないことがわかった。この副次サンプルは妊娠前期中に被爆し、1950年から1957年までの期間中検査された63人の児童からなっている。

FIGURE 7 SCATTER DIAGRAM OF HEMATOLOGY DATA, EXPOSED IN UTERO,
MEAN OF EIGHT EXAMINATIONS PERFORMED DURING 1950-57

図7 胎内被爆児の血液学的数値の散布図, 1950—57年に行なわれた8回の検査の平均値

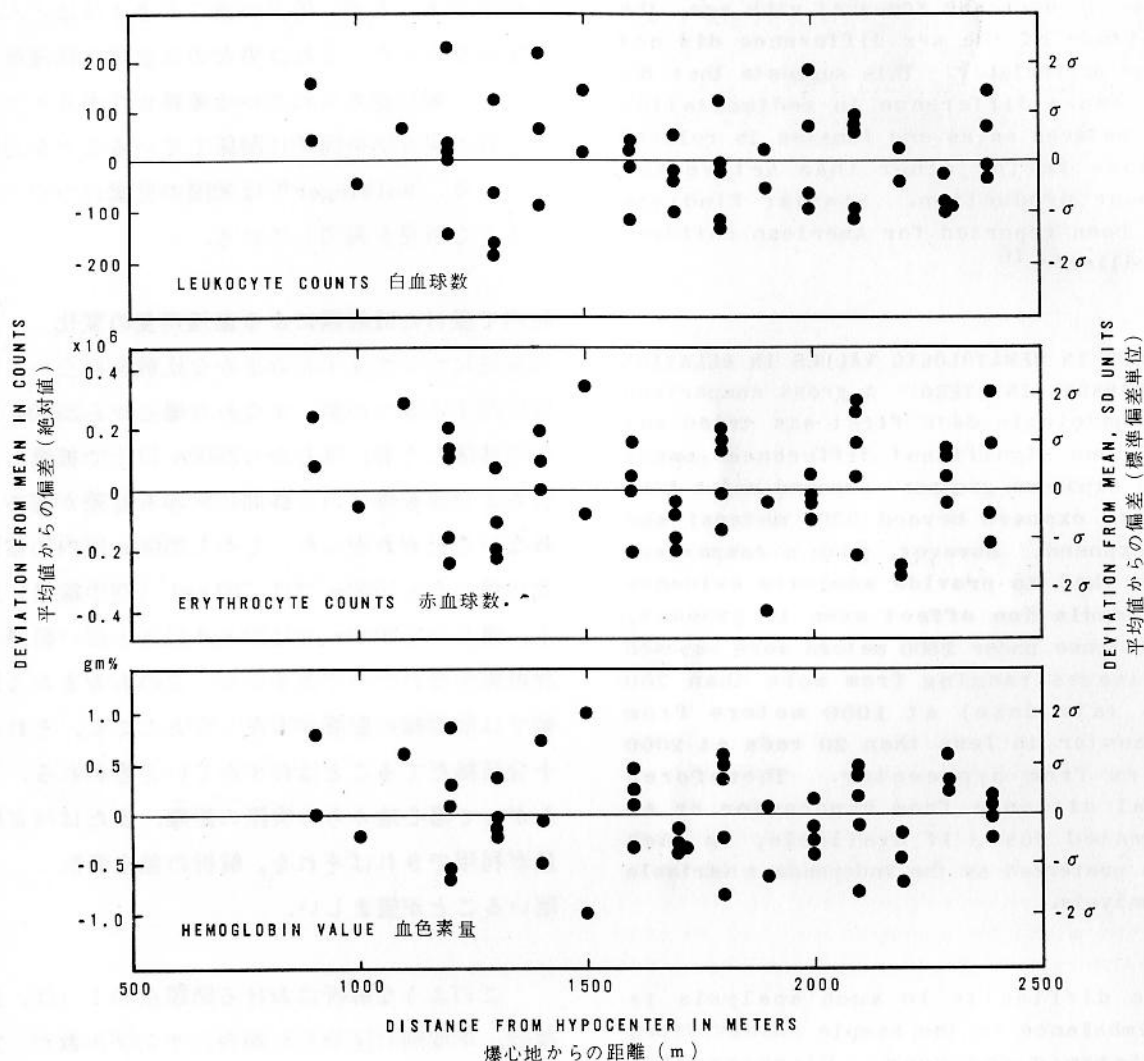


Figure 7 exhibits the leukocyte, erythrocyte and hemoglobin values of each child in the subsample by distance from hypocenter. Although a number of observations were repeated for the above period, one point is plotted for each child as a mean value of deviations from the year-and-semester-specific mean values. No correlation with distance is evident by inspection or suggested by an analysis of variance technique, i.e., the change associated with distance is compared with the individual variation within distance groups.

図7は副次サンプル中の各児童の白血球数, 赤血球数, および血色素量の分布を爆心地からの距離別に示したものである。上記期間中, 各児童について何回かの検査が行なわれたが, 各年度および妊娠期別の平均値を基準にとって修正した偏差の平均値を, 各児童の値として図示してある。図にみるように, また分散分析法すなわち距離による変化を各距離区分内の個人差と比較する方法によって, 距離との相関のないことがわかる。

As far as the period 1950-57 is concerned no positive effect of radiation was revealed. It is worthy of note that this analysis does not exclude the possibility of a radiation effect of a temporary nature perhaps in the earlier years. The sample is too small to warrant analysis for any but a general effect over the period 1950-57.

DISCUSSION

This study of hematologic values of children irradiated in utero was undertaken primarily to ascertain whether complete recovery of the hematopoietic system had occurred. Rapidly growing fetal tissues are particularly radiosensitive, but the hematologic findings in the irradiated children were not different from the control group five to twelve years after the atomic bombings. Therefore, it seems reasonable to assume that complete hematopoietic recovery did occur.

Overt anemia was rare in these children, but the general distribution of hemoglobin levels was slightly lower than those reported for American and European children of comparable age.^{9,14,17} This absence of anemia is remarkable because several factors might be expected to lead to iron deficiency anemia in Japanese children:

a. Iron deficiency anemia occurs in perhaps one fourth to one third of Japanese women of childbearing age.

b. Malnutrition was common, particularly in the A-bombed cities for several years after the war.

c. Although hookworm was found in only 2 to 4 per cent of children, other intestinal parasites, particularly ascaris, were prevalent.

Another general observation of interest was the fact that the mean leukocyte levels of the children were found to be steadily decreasing. Leukocyte levels normally

1950—1957年の期間に関する限り、放射線の影響の存在は認められなかった。しかし注意を要するのは、この解析はある特定の年度、たとえば早い年度だけにあったかも知れない一時的な影響を否定するものでないことである。サンプル数が余りに少ないので、1950—1957年を通じてみられる全般的な影響を検出する目的の解析しか行なうことができなかったのである。

考 察

原爆による放射線を胎内で受けた児童の血液所見について行なったこの研究の主目的は、造血機能が完全に回復しているか否かを確かめることにあった。急速に発育している胎児の組織は放射線に対する感受性が特に強いが、原爆後5—12年においては胎内被爆児の血液所見は対照群と比べて差異がなかった。従って、造血機能が完全に回復しているものとみなすことは妥当と思われる。

これらの児童において明らかに貧血のあるものはまれであったが、血色素量の全体としての分布は同年齢^{9,14,17}の欧米の児童について報告されている水準よりもわずかに低かった。この群に貧血のないことは注目される。というのは日本の児童に鉄不足性貧血の原因となり得る次のような因子があるからである。

a. 鉄不足性貧血が妊娠可能年齢の日本婦人の約 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ に起きること。

b. 被爆都市においては戦後数年間栄養状態が特に不良であったこと。

c. 十二指腸虫はわずか2—4%であったが、他の腸内寄生虫、特に蛔虫が多く寄生していたこと。

もう一つ一般にみられた注目すべき結果は、児童の平均白血球数が漸次減少していることが判明したことである。白血球数は普通、児童の年齢とともに減少するが、調査対象全体での平均白血

decline as children age, but a greater than physiologic decrease in mean leukocyte counts occurred in all groups studied. A similar decline in total leukocyte count has been noted in Japanese adults examined at ABCC. No correlation was noted between the degree of intestinal parasitism and the decline in leukocyte levels. By 1957 the distribution of leukocyte counts in the Hiroshima children was distinctly lower than that reported for Japanese^{8,13,18,19} and American children.^{9,11,17} This decline of total leukocyte count might be the result of increased use of drugs, chemicals and antibiotics, a lowered incidence of bacterial infection, a higher incidence of viral infection, or even increased contact with ionizing radiation. At the present time there is no proof that any of these are responsible. It would be of considerable interest to determine whether similar shifts in leukocyte levels are occurring in other countries throughout the world. The etiology of the change in leukocyte counts in Japan is of interest, but similar findings in children of other countries might enhance understanding of this problem.

SUMMARY

For children irradiated in utero and nonirradiated children of Hiroshima hematologic findings between the years 1950-57 have been compared, and no changes peculiar to the irradiated group were found.

Despite several predisposing factors toward the development of iron deficiency in Japanese children, overt anemia was rare and distribution of hemoglobin levels was only slightly lower than reported for American and European children.

Leukocyte levels, irrespective of age of the children, were found to be progressively falling in Hiroshima children so that by 1957 the values were distinctly lower than those reported for normal children in Japan and the United States. No cause for this change was apparent.

球数は生理的減少以上に大きく減少していた。A B C Cで検査した成人においても、白血球総数が同様に減少していた。腸内寄生虫感染の程度と白血球数の減少との間には何ら関連が認められなかった。1957年の広島児童の白血球数の分布をみると日本^{8,13,18,19} および米国児童^{9,11,17} について報告された分布よりも明らかに低くなっている。この白血球総数の減少は、薬剤、化学薬品および抗生物質の使用増加、細菌性感染の発生率の低下、ビールス感染の発生率の増加、または電離放射線の照射の増大等によるものかも知れない。しかし現在のところ、これらのどれが原因であるかを指摘することはできない。世界の他の国において、白血球数に同様な変化が起っているかどうかを検討することは大変興味深いことである。日本における白血球数変化の原因を検討することは興味ある問題であるが、その他の国の児童の血液学的所見がこの問題の解釈に役立つであろう。

総 括

広島胎内被爆児と非被爆児について得た1950-57年の間の血液所見を比較したが、被爆群に特有の変化は認められなかった。

日本の児童に、鉄不足性貧血発生の原因となり得る要因がいくつかあるが、明らかな貧血はまれであり、また血色素量の分布は、欧米の児童について報告された水準よりもわずかに低いだけであった。

白血球数が年齢とは無関係に漸次低下していることが広島児童に認められた。1957年まではその値は日本および米国の正常児について報告されたものよりも明らかに低かった。この変化の原因は明らかではない。

REFERENCES

参考文献

1. Sutow, W.W.: Summary of studies on children exposed in utero to the atomic bomb in Hiroshima City. 1. Clinical, laboratory and psychometric data, 1953. 2. Clinical study of microcephalus. 10 May 1954. Unpublished.
(広島市における胎内被爆児の研究概要. 1. 診察, 臨床検査および知能検査資料1953. 2. 小頭症の臨床的研究)
2. Kawamoto, S., Hamada, M., Sutow, W.W., Reynolds, E.L. and Kushner, J.H.: Physical and clinical status in 1952 of children exposed in utero to the atomic bomb in Nagasaki. 15 March 1954. Unpublished.
(1952年における長崎胎内被爆児の発育および健康状態)
3. Kawamoto, S.: Summary of studies on children exposed in utero to the atomic bomb in Nagasaki City. 1. Physical and clinical status of children at the age of eight years. 2. Physical fitness studies. 15 July 1955. Unpublished.
(長崎市における胎内被爆児の研究概要. 1. 8才の小児の発育および健康状態. 2. 体力検査の研究)
4. 村上基千代, 三好 誠, 三木博文: 広島市に投下された原子爆弾の小児におよぼした影響について. 臨床内科小児科, 13: 791—800, 1958
(Murakami, M., Miyoshi, M. and Miki, H.: Effects of the atomic bomb on children of Hiroshima. Rinsbo Naika Shonika-Internal Medicine and Pediatrics.)
5. Richie, R.H. and Hurst, G.S.: Penetration of weapons radiation: Application to the Hiroshima-Nagasaki studies. Health Physics 1:390-404, 1959.
(核兵器放射線の透過性—広島, 長崎調査への応用)
6. ABCC Department of Microbiology: Hematology standard operating procedure. Hiroshima 1952.
(標準血液検査法)
7. ABCC Department of Microbiology: Parasitology standard operating procedure. Hiroshima 1952.
(標準寄生虫検査法)
8. 大谷敏夫: 胸腺ならびにリンパ組織に関する研究. 日本小児科学会雑誌, 60: 637—650, 1956
(Otani, T.: Studies on thymus and lymphatic tissues. Nippon Shonika Gakkai Zasshi-Acta Paediatrica Japonica.)
9. Albritton, E.C.: Standard values in blood. Dayton, Ohio, U.S. Air Force, 1951, AF Technical Report No. 6039, p. 51.
(血液の標準値)
10. Kato, K.: Leucocytes in infancy and childhood; a statistical analysis of 1081 total and differential counts from birth to fifteen years. J Ped 7:7-15, 1935.
(乳児および小児における白血球, 出生以来15才までの者について行なった 1081例の白血球総数および白血球分類の統計的解析)
11. Osgood, E.E.: Normal hematologic standards. Arch Int Med 56:849-863. 1935.
(正常な血液像標準値)
12. Ichimaru, M., Ueda, S. and Blaisdell, R.K.: The decline of the leukocyte count in atomic bomb survivors. Unpublished.
(被爆生存者における白血球数の減少)
13. 鎌石昇太郎: 小児期および青春期年齢の血液像標準値, 日本小児科学会雑誌 59: 1030—1036, 1955
(Neriishi, S.: Standard hematologic values for Japanese children and adolescents. Nippon Shonika Gakkai Zasshi-Acta Paediatrica Japonica)

14. Hawkins, W.W., Speck, W. and Leonard, V.G.: Variation of the hemoglobin level with age and sex. *Blood* 9:999-1007, 1954.
(年齢および性別に見た血色素量の変化)
15. Leichsenring, J.M., Norris, L.M., Lamison, S.A. and Halbert, M.L.: Blood cell values for healthy adolescents. *Am J Dis Child* 10:159-163, 1955.
(健康な思春期児童の血球数)
16. Hollinger, N.F. and Robinson, S.J.: A study of the erythrocyte sedimentation rate for well children. *J Ped* 42:304-319, 1953.
(健康小児の赤血球沈降速度の研究)
17. McBee, M., Moschette, D.S. and Tucker, C.: The hemoglobin concentrations, erythrocyte counts, and hematocrits of selected Louisiana elementary school children. *J Nutri* 42:539-556, 1950.
(Louisiana 小学校から選出された児童の血色素濃度, 赤血球数およびヘマトクリット)
18. 田村茂夫: 体質異常児血液像に関する知見補遺. 第1編: 臨床的研究. *小児科雑誌* 431: 8-49, 1936
(Tamura, S.: Findings on blood picture of children with abnormal constitutions. *Shonika Zasshi-Acta Paediatrica Japonica*)
19. 佐藤 彰, 鈴木 保, 日本小児科全書, 東京日本医書出版株式会社, 第7編第1冊, pp. 31, 1952
(Sato, A. and Suzuki, T.: *Nippon Shonika Zensho*, Vol 7, Book I.)