

AUDIOMETRIC CHANGES WITH AGE IN HIROSHIMA
A STATISTICAL STUDY

広島で見られた年齢による聴力の変化
統計学的調査

JAMES W. HOLLINGSWORTH, M.D.

GORO ISHII, M.S. (石井吾郎)



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、A B C C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、A B C C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A B C C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A B C C職員及び関係方面にのみ配布する。

AUDIOMETRIC CHANGES WITH AGE IN HIROSHIMA
A STATISTICAL STUDY

広島で見られた年齢による聴力の変化
統計学的調査

JAMES W. HOLLINGSWORTH, M.D.¹

GORO ISHII, M.S.² (石井吾郎)

From the Departments of Medicine¹ and Statistics²
臨床部¹ 及び統計部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
(米国原子力委員会研究費に依る)

ACKNOWLEDGMENT

感謝の言葉

The authors are indebted to the nursing staff of ABCC, and particularly Miss Hisae Tanaka for careful audiometric measurements and to Dr. Gilbert W. Beebe for his numerous suggestions in planning the statistical analyses.

この聴力調査に当り、入念な測定をして下さったA B C C看護課の方々、とりわけ田中久江氏ならびに統計学的解析の計画に多くの有益な示唆を頂いた Dr. Gilbert W. Beebe に深甚な謝意を表す。

TABLE OF CONTENTS

目次

	<i>Page</i>
List of Tables and Figures 挿入図表一覧表	1
Introduction 緒言	1
Population Sample and Method of Audiometry サンプル人口と聴力測定の方法	1
Results 結果	3
Specific Causes for Exclusion from the Sample サンプルから外したものの理由	3
Audiometric Changes with Age in Nonexposed 非被爆者の年齢による聴力変化	4
Differences in Hearing Acuity Between Males and Females 男性と女性との聴力の差	5
Correlation Between Cycle Frequencies 周波数間の相関	7
Correlations between Decibel Hearing Losses for Right and Left Ears 右耳と左耳のデシベル聴力損失の相関	8
Value of Audiometric Studies as a Physiologic Test of Aging 加齢に関する生理学的検査の1つとしての聴力検査の価値	8
Comparison of Audiometry in Exposed and Nonexposed Subjects 被爆者と非被爆者との聴力比較	8
Discussion 考按	11
Summary 総括	13
References 参考文献	14

LIST OF TABLES AND FIGURES

挿入図表一覧表

		<i>Page</i>
Table	1. Audiometry sample by presence of ear abnormality, sex, and exposure 耳の異常の有無, 性別および被爆の有無別に見た聴力調査サンプル	2
表	2. Percentage excluded from audiometry sample by type of abnormality and exposure 異常の種類および被爆の有無から見た聴力調査除外者の百分率	3
	3. Mean decibel hearing loss nonexposed subjects by cycles, age, and sex サイクル別, 年齢別および性別に見た非被爆者の平均デシベル聴力損失	5
	4. Mean decibel hearing loss and standard deviation, nonexposed subjects, by cycles and age, sexes combined 非被爆者におけるサイクル別および年齢別平均デシベル聴力損失と標準偏差 (男女合計)	6
	5. Mean decibel hearing loss, standard deviation, and correlation coefficients by cycles and sex サイクル別および性別, 聴力損失, 標準偏差および相関係数	9
	6. Mean decibel hearing loss, standard deviation, and correlation for right and left ears, all ages, by cycles and sex 各年齢を通じ, 右耳と左耳のサイクル別および性別の平均デシベル聴力損失, 標準偏差および相関	9
	7. Correlation ratios mean decibel hearing loss and age, nonexposed subjects by cycles, sexes combined 非被爆者におけるサイクル別に見たデシベル聴力損失と年齢との相関比 (男女合計)	10
	8. Mean decibel hearing loss at selected cycles, exposed and nonexposed subjects, by age and sex 特定のサイクル数における被爆者と非被爆者の年齢別および性別平均デシベル聴力損失	11
	9. Mean decibel hearing loss at selected cycles, exposed subjects, by age and distance from hypocenter 特定のサイクル数における被爆者の年齢および爆心地からの距離別に見た平均デシベル聴力損失	12
Figure	1. Mean decibel hearing loss by sex, age, and exposure 性, 年齢, 被爆者別の平均デシベル聴力損失	6
図	2. Range of mean decibel hearing loss \pm standard deviation in young and old subjects, nonexposed 非被爆者の年齢別聴力平均デシベル損失 \pm 標準偏差	7
	3. Hearing level in decibels by age, sexes combined 年齢別聴力 (男女合計)	10

AUDIOMETRIC CHANGES WITH AGE IN HIROSHIMA

広島で見られた年齢による聴力の変化

A Statistical Study

統計学的調査

INTRODUCTION

Studies of physiologic processes that change with age have been incorporated into research by the Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) because of the possibility that total body irradiation accelerates natural aging.¹ Life shortening not associated with specific pathologic findings frequently has been observed in irradiated rodents.² Although no strong evidence supports a nonspecific effect of radiation on aging in humans,³ the concept is of sufficient importance to warrant careful study in atomic bomb survivors.

Blunting of the sensory organs with advancing age is a well known phenomenon. Hearing loss, particularly for high tones, has been extensively studied⁴ in relationship to aging, and is readily quantitated by means of audiometry. Therefore, audiometric observations have been recorded for a group of atomic bomb irradiated and nonirradiated subjects in Hiroshima.

POPULATION SAMPLE AND METHOD OF AUDIOMETRY

The audiometric study included exposed and nonexposed subjects receiving general medical examinations at ABCC as part of a continuing Adult Health Study. The general plan of the study has been described elsewhere,⁴ but the subjects selected for analysis of audiometric data included those exposed in 1945 who experienced major acute radiation symptoms (purpura, epilation, or oropharyngeal symptoms suggestive of agranulocytosis) and a nonexposed population who migrated into the city after

緒言

放射線の全身照射によって自然加齢が促進される可能性があることから,¹ 年齢による生理的变化を調査することがABCCの調査活動の1つに加えられている。放射線照射を受けた齧歯動物に特定の病理学的所見を伴わない寿命短縮があることは、既にしばしば観察されている。² 人間の場合、放射線が加齢に非特異的な影響を与えるという明確な事実はまだ何も発見されてはいないけれども、³ 原子爆弾被爆者について綿密な調査を行なうことが必要となることは論をまたない。

年齢が進むにつれて感覚器が鈍くなることは衆知の現象である。特に高音に対する聴力減退と加齢との関係については従来より広く研究されており、⁴ これは聴力計によって容易に数量的に測定できるものである。このような見地から、広島における被爆者と非被爆者の1集団について聴力測定の結果を調査した。

サンプル人口と聴力測定の方法

聴力測定の対象として、継続中の成人健康調査の一環としてABCCで一般健康診断を受けている被爆者と非被爆者を用いた。全般的な成人健康調査計画については別の報告に説明されているが、⁴ 聴力測定結果の解析には、1945年に被爆後主要急性放射線症状(紫斑病, 脱毛, または無顆

the bombing. These groups are designated group 1 and group 4, respectively, in the Adult Health Study, but in the present study will be referred to as **exposed** and **nonexposed**.

Audiometric studies were performed during the period August 1958 through March 1959 for all subjects in the study. During this period 366 exposed and 324 nonexposed subjects received audiometric examinations. Subjects in whom a history of ear disease was recorded, or in whom physical examination revealed an abnormality of the ears were excluded from the analysis of aging change, leaving 290 exposed and 293 nonexposed (Table 1).

粒球症を思わせる口腔咽頭症状)が出た者と原爆後に市内へ移住した非被爆者とを用いた。これらは成人健康調査においてそれぞれ被爆分類第1群および第4群の名称で呼ばれているが、ここでは単に**被爆者**と**非被爆者**と呼ぶことにする。

聴力測定は、1958年8月より1959年3月までの期間の受診者に対して実施した。この期間に、上記の分類による被爆者 366名と非被爆者 324名が聴力測定を受けた。過去の病歴の中に耳疾患があった者や、診察によって耳の異常が発見された者は加齢変化の解析から除外したので、結局被爆者 290名、非被爆者 293名となった(表1)。

TABLE 1 AUDIOMETRY SAMPLE BY PRESENCE OF EAR ABNORMALITY, SEX, AND EXPOSURE

表1 耳の異常の有無、性別および被爆の有無別に見た聴力調査サンプル

EAR ABNORMALITY 耳の異常	EXPOSED 被爆者			NONEXPOSED 非被爆者			TOTAL 計
	TOTAL 計	MALE 男性	FEMALE 女性	TOTAL 計	MALE 男性	FEMALE 女性	
PRESENT 有	76	29	47	31	13	18	107
ABSENT 無	290	113	177	293	145	148	583
TOTAL 計	366	142	224	324	158	166	690

Audiometry was performed by one nurse, using an electric audiometer calibrated for the following frequency ranges: 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, and 9747 cycles per second. An attenuator enabled the instrument to deliver sound at varying intensities up to 20 decibels. Audiometry was performed in a soundproof room. The subject was instructed to hold the audiometer receiver close to his ear, and respond by straightening his index finger when sound became audible as the intensity was slowly increased by the examiner. Both ears were tested at all frequencies, with the left ear tested first. At each frequency the hearing threshold was determined during increasing and decreasing intensity (from inaudible to audible and from audible to inaudible) and the mean decibel threshold recorded. Refer to Saltzman⁵ for detailed methods.

聴力測定は1人の看護婦が電気聴力計を用いて、毎秒 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192および9747サイクルの周波数について行なった。この器械は減衰器装置により20デシベルまで種々の強さの音を出すことができた。聴力測定は防音装置のある室内で行なった。被検者は聴力計の聴音器を耳にあて、測定者が徐々に音を高くし、音が聞えた時に人差し指を立てるよう指示した。検査は左耳から始め、両耳を全部の周波数について測定した。聞えないところから聞えるところまでと、反対に聞えるところから聞えなくなるまで音域を上下させて各周波数に対する聴力閾値を調べて、平均デシベル閾値を記録した。測定方法の詳細についてはSaltzman⁵の著書を参照されたい。

RESULTS

SPECIFIC CAUSES FOR EXCLUSION FROM THE SAMPLE It was obvious that the general medical history and physical examination in ABCC clinic had resulted in exclusion of significantly more exposed than nonexposed subjects. As shown in Table 1, 76 exposed and 31 nonexposed subjects were excluded. The clinical records of 102 of the 107 excluded subjects were reviewed as to the type of abnormality resulting in their exclusion. Table 2 summarizes the results of the chart review, and it is evident that a history of otitis media or a physical finding of perforated ear drum was the most common abnormality, with tinnitus and deafness next in frequency. Only three exposed cases were specifically excluded because of ear trauma due to the atomic bombing. Although the total number of rejections was greater in the exposed group, evaluation of specific causes in both groups and their time relationship to the 1945 bombing failed to disclose any specific reasons for the greater frequency of ear complaints or findings in the exposed group.

結果

サンプルから外したものの理由 一般病歴の内容やA B C C外来での診察に基づいてサンプルから除外した者の数は、非被爆者より被爆者の方が有意に多いことがすぐ明らかとなった。すなわち表1に示すごとく、対象者のうち被爆者76名と非被爆者31名が除外された。合計107名の除外者のうち102名の臨床記録について、除外の理由となった異常がどのようなものを再検討した。表2は診察記録再検討の結果を要約したものであるが、その表で明らかのように最も多い異常は病歴では中耳炎、また診察では鼓膜穿孔であった。これに次いで耳鳴りと聾が多かった。原爆による耳の外傷があったために除外した被爆者の数はわずかに3名であった。除外者の総数においては被爆者の方が多かったが、両者におけるそれぞれの除外理由や1945年の原爆投下とそれらとの時期的関係について検討してみても、耳の主訴や所見が被爆者群の方に多かったことに対する特別な理由は何も見当らなかった。

TABLE 2 PERCENTAGE EXCLUDED* FROM AUDIOMETRY SAMPLE BY TYPE OF ABNORMALITY AND EXPOSURE

表2 異常の種類および被爆の有無から見た聴力調査除外者の百分率*

TYPE OF ABNORMALITY 異常の型	EXPOSED 被爆者		NONEXPOSED 非被爆者	
	SUBJECTS 対象者	%	SUBJECTS 対象者	%
OTITIS MEDIA, HISTORY OR EXAMINATION 中耳炎(病歴または診察により発見)	35	49	18	60
pre-1945 1945年以前	10	14	8	27
post-1945 1945年以後	7	10	5	17
time unknown 時期不明	2	3	1	3
scarred or perforated drums, no history of otitis 鼓膜の瘢痕または穿孔、但し耳炎の病歴はない	16	22	4	13
TINNITUS, HISTORY 耳鳴り(病歴)	17	24	7	23
pre-1945 1945年以前	2	3	1	3
post-1945 1945年以後	15	21	6	20
DEAFNESS, UNDETERMINED AND MISCELLANEOUS CAUSES 聾(原因不明、またはその他の原因によるもの)	9	12	5	17
pre-1945 1945年以前	3	4	2	7
post-1945 1945年以後	5	7	2	7
time unknown 時期不明	1	1	1	3
ATOMIC BOMB INJURY 原爆による傷害	3	4	0	0
MISCELLANEOUS, INCLUDING CERUMEN その他耳垢など	8	11	0	0
TOTAL 計	72	100	30	100

*Records of 72 exposed cases and 30 nonexposed cases were available for review.
再検討のための記録が入手できたのは被爆者72名、非被爆者30名であった。

The difference, then, seemed best explained as a general increase in reporting in the exposed group, with resultant bias. Several reasonable explanations for this phenomenon seem possible, and all may contribute to the total discrepancy. The exposed group with acute radiation symptoms has received examinations in the past both at ABCC and as provided by the Japanese Atomic Bomb Survivors Medical Treatment Law. The nonexposed, by contrast, were usually experiencing their first complete medical evaluation. Health interest and anxiety might be expected to be greater in the exposed. Although physicians in the ABCC clinic attempt to examine the subjects without bias and without knowledge of radiation exposure status, sometimes such information necessarily emerges in the history. Similarly, medical records with previous diagnoses and examinations, when available, accompany the patient during his ABCC clinic examination. Since, presumably the persons who were excluded had greater than average hearing loss, the affect of the exclusions was to decrease the mean hearing loss measured in the remaining subjects. Because there were more exclusions among exposed than among nonexposed subjects, it may be supposed that any difference in hearing loss which exists between these groups, attributable to the atomic bomb, will be underestimated.

In any event, the increased ear disease finding in the exposed group seems related to sociomedical factors rather than to irradiation. Of the 102 subjects excluded from the analysis of age changes, and whose records were reviewed, the audiograms of 27 exposed subjects and 12 nonexposed subjects were abnormal on clinical evaluation. These discrepancies would hardly be great enough to influence the age comparison in the approximately 300 subjects in each exposure group in whom ear disease was not clinically detected.

AUDIOMETRIC CHANGES WITH AGE IN NONEXPOSED
Since each audiometric record gave rise to a considerable number of observations, the

この相違は、被爆者群では疾病発見が全体に多いので、その結果かたよりが出たと解するのが最も妥当のように思われる。このような現象に対しては幾つかの合理的な原因があるように思うが、あるいはそれらの全部が集って全体の差異を形成するのかも知れない。急性放射線症状があった被爆者は、従来A B C Cにおいてもまた原爆医療法によっても何度も受診しているのに対して、非被爆者は精密検査を受けるのはこれが最初というのが殆んどであった。健康に対する関心と心配は被爆者の方がはるかに強いと見てよいであろう。A B C Cの医師が対象者の診察を行なう際には、被爆状態に関してはなんらの先入観も予備知識もなしに行なうようにしているのであるが、そのような事柄は往々病歴聴取の際に必然的に出てくることがある。同様に、対象者がA B C Cで受診する際には、以前にA B C Cで受診したことがあればその診断や検査などが記入してある医療記録が参照されるのである。サンプルから除外した人々の聴力減退は普通よりも著しいと考えられるので、これを除外することによって残りの被爆対象者の平均聴力減退が少なくなる訳である。除外者の数は非被爆者よりも被爆者の方が多かったので、この2集団の間に原爆によると思われる聴力減退の差があれば、それは実際よりも低く見積られることになると思てよからう。

いずれにせよ、被爆者に耳疾患の所見が多かったのは、放射線照射によるというよりもむしろ社会的医学的素因に関係があるように思われる。加齢変化の解析から除外された例のうち、医療記録の再検討が行なわれた102名の対象者で、聴力測定記録を臨床的に検討して異常と判定された者は被爆者が27名、非被爆者が12名であった。しかし、この差は臨床上耳疾患が認められなかった被爆、および非被爆の各々約300名の対象者について年齢比較を行なう場合に影響を与えるほど大きなものではないと思う。

非被爆者の年齢による聴力変化 各聴力測定記録について各種の観察を行なうことができるが、

age variation was first studied extensively in the 293 nonexposed subjects. Table 3 indicates the mean decibel hearing loss for each cycle, by ten year age groups. The data for males and females are plotted in Figure 1-A. It is evident from the figure that the trend lines of the high frequency cycles are somewhat discontinuous and it seems probable that the instrument calibration for 8192 cycles was faulty.

まず 293名の非被爆対象者について年齢別の変動を詳細に調査した。表3は対象者を10才年齢階級に分割して、各サイクル別に見た平均デシベル聴力損失である。男性と女性の成績は図1-Aに示した。同図により明らかなように、高周波数における方向線はやや不規則であるので、聴力計の8192サイクルの目盛り合わせが間違っていたものと思われる。

TABLE 3 MEAN DECIBEL HEARING LOSS NONEXPOSED SUBJECTS BY CYCLES, AGE, AND SEX

表3 サイクル別、年齢別および性別に見た非被爆者の平均デシベル聴力損失

SEX 性	AGE 年齢	SUBJECTS 被検者数	MEAN DECIBEL HEARING LOSS 平均デシベル聴力損失							
			CYCLES PER SECOND サイクル数							
			128	256	512	1024	2048	4096	8192	9747
MALE 男性	10-19	14	20.7	20.4	7.0	2.7	1.3	5.9	-1.3	2.3
	20-29	17	17.1	17.4	4.0	1.0	3.2	16.0	7.1	15.0
	30-39	29	17.3	17.8	6.6	2.3	2.8	12.8	8.7	13.2
	40-49	27	18.3	18.4	6.5	4.9	9.3	27.9	17.9	24.2
	50-59	28	25.4	25.4	12.5	10.8	14.5	38.6	35.4	43.8
	60-69	23	31.6	33.2	21.6	19.1	24.3	48.3	50.1	60.2
	70+	7	40.7	39.3	26.8	24.6	33.6	60.4	72.5	76.1
	TOTAL 計	145								
FEMALE 女性	10-19	23	18.4	20.3	7.0	3.7	3.7	8.5	2.2	5.7
	20-29	23	21.0	21.7	9.1	3.3	5.2	7.5	5.8	11.7
	30-39	28	20.9	22.4	8.4	4.4	5.3	9.5	4.9	8.2
	40-49	25	25.7	27.4	11.8	7.0	9.5	17.5	14.3	19.8
	50-59	24	27.2	27.5	14.6	11.6	15.5	26.6	32.0	38.9
	60-69	19	32.4	32.8	19.9	16.8	20.4	31.8	40.0	53.3
	70+	6	48.3	46.7	32.9	28.3	32.5	42.1	57.5	65.4
	TOTAL 計	148								

As might be anticipated, variation in the data increased with age. The standard deviations for each age group and each frequency, males and females combined, are shown in Table 4. For graphic presentation, Figure 2 shows the mean and standard deviation of the 10-19 year age group as compared with the 60-69 group.

予想し得ることではあったが、年齢が多い者ほど測定値の変動も大きくなった。男女を合わせた場合の各年齢階級および各周波数に対する標準偏差を表4に示した。図2には、10-19才の平均値および標準偏差を60-69才のそれと比較したものをグラフで示した。

DIFFERENCES IN HEARING ACUITY BETWEEN MALES AND FEMALES It is obvious from inspection of Figure 1 that in this study females appear to hear better than males. By combining both exposure groups, it is

男性と女性との聴力の差 図1によって明らかなようにこの調査においては聴力は男性よりも女性の方が優れているようである。被爆者と非被爆

FIGURE 1 MEAN DECIBEL HEARING LOSS BY SEX, AGE, AND EXPOSURE

図1 性、年齢、被爆者別の平均デシベル聴力損失

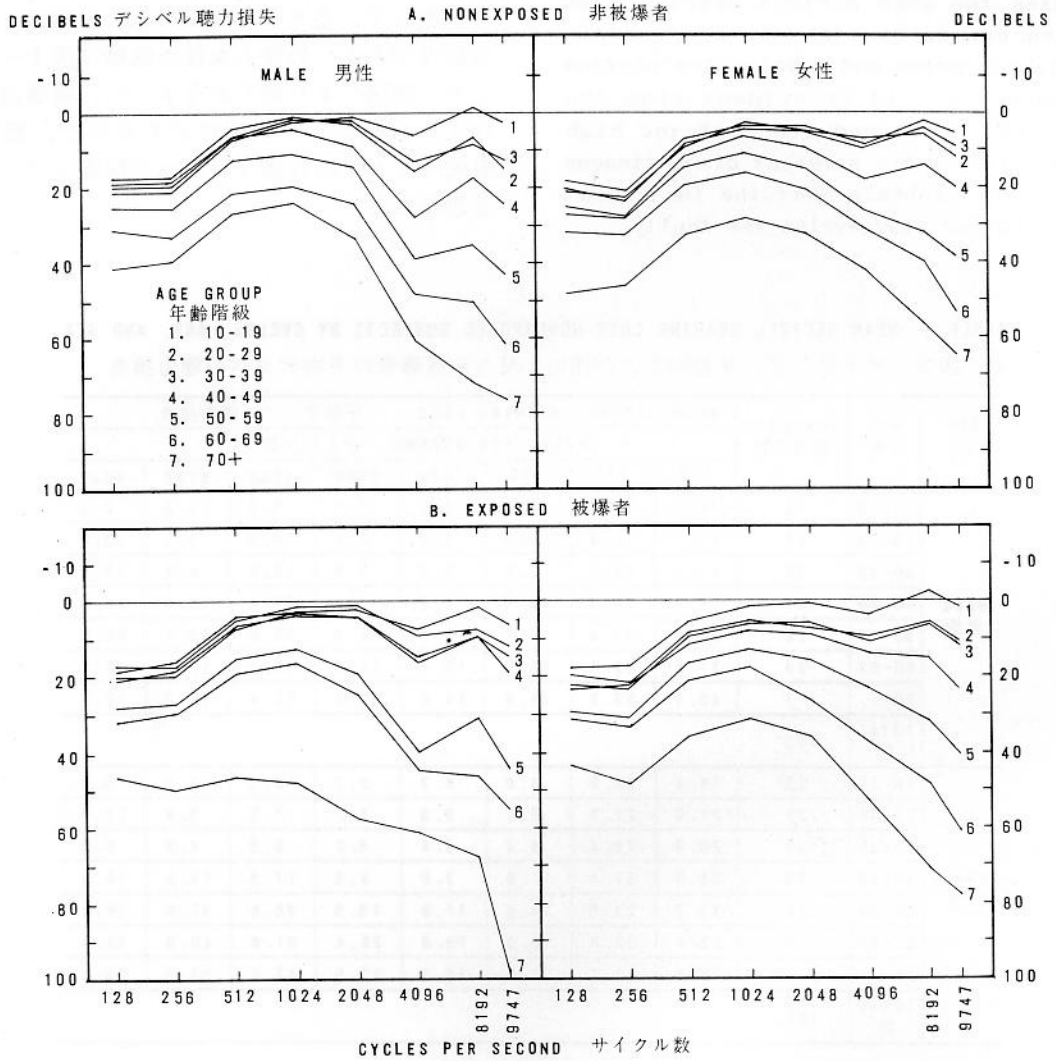


TABLE 4 MEAN DECIBEL HEARING LOSS AND STANDARD DEVIATION, NONEXPOSED SUBJECTS BY CYCLES AND AGE, SEXES COMBINED

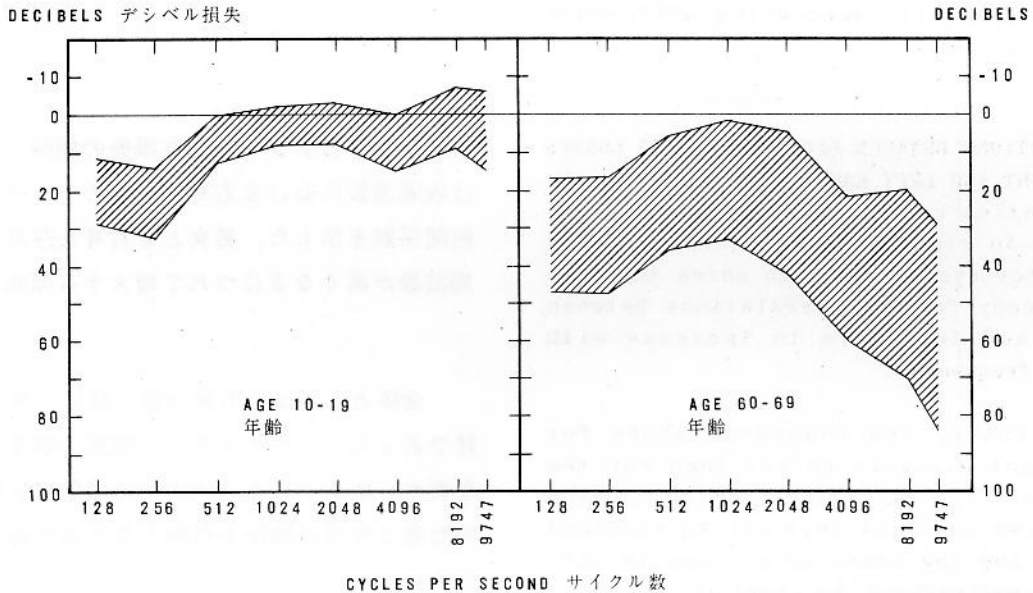
表4 非被爆者におけるサイクル別および年齢別平均デシベル聴力損失と標準偏差 (男女合計)

AGE 年齢	SUBJECTS 被検者数	MEAN DECIBEL HEARING LOSS 平均デシベル聴力損失															
		CYCLES PER SECOND サイクル数															
		128		256		512		1024		2048		4096		8192		9747	
MEAN 平均	SD†	MEAN 平均	SD	MEAN 平均	SD	MEAN 平均	SD	MEAN 平均	SD	MEAN 平均	SD	MEAN 平均	SD	MEAN 平均	SD		
10-19	37	19.3	8.8	20.3	9.2	7.0	6.4	3.3	5.5	2.8	5.9	7.5	7.5	0.9	8.6	4.4	10.7
20-29	40	19.3	8.4	19.9	9.9	6.9	9.3	2.3	6.1	4.4	7.5	11.1	12.9	6.3	14.6	13.1	16.4
30-39	57	19.1	8.2	20.1	8.4	7.5	7.1	3.3	6.6	4.0	7.0	11.1	12.2	6.8	13.4	10.7	13.9
40-49	52	21.9	9.6	22.7	10.7	9.0	9.5	5.9	9.1	9.4	11.3	22.9	17.0	16.2	16.8	22.1	18.2
50-59	52	26.2	17.8	26.3	13.5	13.5	13.1	11.2	12.0	15.0	13.6	33.0	20.2	33.8	23.8	41.5	24.5
60-69	42	32.0	15.1	33.0	15.7	20.8	15.1	18.1	16.2	22.6	19.8	40.8	18.9	45.5	25.7	57.1	27.4
70+	13	44.2	20.0	42.7	9.9	29.6	10.4	26.3	15.8	33.1	15.0	51.9	17.3	65.6	19.7	71.2	18.2

†SD = Standard Deviation 標準偏差

FIGURE 2 RANGE OF MEAN DECIBEL HEARING LOSS \pm STANDARD DEVIATION IN YOUNG AND OLD SUBJECTS, NONEXPOSED

図2 非被爆者の年齢別聴力平均デシベル損失 \pm 標準偏差



possible to explore male-female differences both in relationship to ten year age groups and to frequency cycle.

Analyses of variance were computed separately for 128, 512, 2028, and 8192 cycles per second. It was found that at each frequency the difference between males and females was statistically significant ($P < .05$).

CORRELATION BETWEEN CYCLE FREQUENCIES Both exposed and nonexposed subjects were combined in order to study the degree of correlation between the value for the different frequencies. The results are shown in Table 5. The last column on the table shows the mean hearing decibel loss and the diagonal line of figures shows the standard deviation. The correlations between cycles are shown in the upper right portion of the table. For example, 0.89 in the column 9747 indicates a correlation coefficient between hearing loss at 9747 and loss at 8192 cycles.

It may be observed that the correlation coefficients in the upper right hand

者とを合計すると、10才年齢階級別にも、また周波数別にも男女間の差異を調べることができる。

毎秒 128, 512, 2028 および 8192 サイクルについてそれぞれ解析を行なった。それによると、各周波数とも男女の差は統計的に有意であった ($P < .05$)。

周波数間の相関 被爆者と非被爆者を合計して各周波数における測定値の相関の程度を調べた。その結果を表5に示した。同表の最終欄には平均聴力デシベル損失を示し、対角線上の数字は標準偏差を示す。また同表の右上の部分にサイクル数間の相関を示す。例えば、9747 サイクル欄の0.89 という数字は9747 サイクルにおける聴力損失と8192 サイクルにおける聴力損失との相関係数である。

尚、同表の右上隅にある相関係数は対角線に近接しているものよりも全般に小さいことがわか

corners of the table are generally smaller than those located in close proximity to the diagonal, i. e., the correlation tends to decrease with increasing difference between cycles.

CORRELATIONS BETWEEN DECIBEL HEARING LOSSES FOR RIGHT AND LEFT EARS Table 6 shows the correlation coefficients of the decibel losses in right and left ears, at each frequency cycle. In both sexes there is a tendency for the correlations between right and left ears to increase with higher frequency.

Generally, the recorded values for the right ear were better than for the left ear. However, the testing routine specified that the left ear be examined first, and the observed systematic difference may reflect the order of the test.

VALUE OF AUDIOMETRIC STUDIES AS A PHYSIOLOGIC TEST OF AGING In Figure 3 the mean decibel losses at the various frequencies are plotted as a function of age. These curves are well fitted by second degree polynomials. Since these regression lines are definitely curved, the correlation ratio may be used to describe the relationship between hearing level and age. The calculated correlation ratios are shown in Table 7 for both sexes combined. These values, increasing as they do with frequency, indicate that the age effect is more pronounced at the higher frequencies, and suggest that audiometry is a fairly sensitive index of physiologic age.

COMPARISON OF AUDIOMETRY IN EXPOSED AND NONEXPOSED SUBJECTS Figure 1-B shows the mean hearing loss in the 290 exposed subjects by age and sex. Table 8 shows the comparison of mean hearing loss between exposed and nonexposed subjects for 512 and 8192 cycles per second. It can be seen that there is no consistent difference between the two groups, and similar results were found for the other frequencies. The

いいかえれば、サイクル数間の差が大きくなるにつれて相関度は減少する傾向にある。

右耳と左耳のデシベル聴力損失の相関 表6には各周波数における右耳と左耳のデシベル損失の相関係数を示した。男女とも右耳と左耳の相関は周波数が高くなるにつれて増大する傾向がある。

全体としては、右耳の測定値は左耳よりも良好であった。しかしながら、検査の順序としては左耳から始めることに決めたので観察された規則的な差は検査の順序を反映したものであるかも知れない。

加齢に関する生理学的検査の1つとしての聴力調査の価値 図3には各周波数における平均デシベル損失を年齢の関数として図示した。これらの曲線には二次多項式がよくあてはまる。これらの回帰線は明らかに曲線を示しているので、聴力と年齢との関係を表わすのに相関比を用いることができると思う。表7には、男女を合計した場合について計算した相関比を示した。これらの数値は周波数が高くなるにつれて増大しており、周波数が高いほど年齢の影響が明瞭に現われることを示すとともに、聴力測定は生理的年齢のかなり精度の高い指標であると考えられる。

被爆者と非被爆者との聴力比較 図1-Bは290名の被爆者における年齢別および性別の平均聴力損失を示す。また表8は毎秒512と8192サイクルに対する被爆者と非被爆者との平均聴力損失の比較を示したものである。同表から、この2つの集団の間には一貫した差異はないことがわかる

TABLE 5 MEAN DECIBEL HEARING LOSS, STANDARD DEVIATION, AND CORRELATION COEFFICIENTS BY CYCLES AND SEX

表5 サイクル別および性別、聴力損失、標準偏差および相関係数

SEX 性別	CYCLES PER SECOND サイクル数	CYCLES PER SECOND サイクル数								MEAN DECIBEL HEARING LOSS 平均デシベル聴 力損失
		128	256	512	1024	2048	4096	8192	9747	
		CORRELATION COEFFICIENT 相関係数 (r)								
MALE 男性	128	16.1†	.87	.78	.69	.62	.53	.63	.62	23.5
	256		13.9	.85	.69	.65	.55	.66	.65	23.2
	512			13.4	.86	.76	.59	.73	.71	11.2
	1024				14.1	.85	.64	.72	.70	8.3
	2048					17.0	.74	.79	.72	11.4
	4096						23.7	.81	.74	27.5
	8192							27.5	.89	23.4
	9747								29.9	30.9
FEMALE 女性	128	13.3	.87	.78	.65	.59	.56	.61	.61	24.9
	256		12.4	.86	.69	.65	.61	.64	.64	25.9
	512			12.1	.83	.73	.67	.69	.67	12.8
	1024				12.0	.82	.69	.70	.68	9.0
	2048					13.1	.81	.76	.73	11.1
	4096						16.4	.81	.75	17.5
	8192							23.9	.89	18.3
	9747								26.3	25.1

†Standard deviation. 標準偏差

TABLE 6 MEAN DECIBEL HEARING LOSS, STANDARD DEVIATION, AND CORRELATION FOR RIGHT AND LEFT EARS, ALL AGES, BY CYCLES AND SEX

表6 各年齢を通じ、右耳と左耳のサイクル別および性別の平均デシベル聴力損失、標準偏差および相関

CYCLES PER SECOND サイクル数	EAR 右耳 左耳 の別	MALE 男性			FEMALE 女性			TEST OF SIGNIFICANCE RIGHT AND LEFT DECIBEL HEARING LOSS 有意性テスト 右耳と左耳の デシベル聴力損失の差																																																																																																						
		MEAN DECIBEL HEARING LOSS 平均デシベル 損失	SD 標準 偏差	CORRELATION COEFFICIENT 相関係数	MEAN DECIBEL HEARING LOSS 平均デシベル 損失	SD 標準 偏差	CORRELATION COEFFICIENT 相関係数	MALE 男性	FEMALE 女性																																																																																																					
		128	R 右	22.8	15.2	.61	24.3	13.9	.56	NS	NS																																																																																																			
	L 左	24.2	17.1	25.6	12.6		256	R 右				22.4	13.4	.73	25.0	12.2	.67	NS	*	L 左	24.0	14.6	26.9	12.6	512	R 右	11.0	12.9	.70	12.4	11.9	.65	NS	NS	L 左	11.5	13.9	13.2	12.4	1024	R 右	8.1	13.2	.70	8.5	12.0	.65	NS	NS	L 左	8.6	15.0	9.5	11.9	2048	R 右	9.9	15.6	.70	9.1	12.2	.65	*	**	L 左	13.0	18.2	13.1	13.6	4096	R 右	25.6	22.5	.75	15.8	15.6	.73	SUGG	**	L 左	29.5	24.8	19.2	17.1	8192	R 右	21.7	26.1	.80	16.8	22.9	.78	NS	SUGG	L 左	25.1	28.9	19.9	24.9	9747	R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8	.75	NS	NS	L 左
256	R 右	22.4	13.4	.73	25.0	12.2		.67	NS	*																																																																																																				
	L 左	24.0	14.6		26.9	12.6	512				R 右	11.0	12.9	.70	12.4	11.9	.65	NS	NS	L 左	11.5	13.9	13.2	12.4	1024	R 右	8.1	13.2	.70	8.5	12.0	.65	NS	NS	L 左	8.6	15.0	9.5	11.9	2048	R 右	9.9	15.6	.70	9.1	12.2	.65	*	**	L 左	13.0	18.2	13.1	13.6	4096	R 右	25.6	22.5	.75	15.8	15.6	.73	SUGG	**	L 左	29.5	24.8	19.2	17.1	8192	R 右	21.7	26.1	.80	16.8	22.9	.78	NS	SUGG	L 左	25.1	28.9	19.9	24.9	9747	R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8	.75	NS	NS	L 左	32.0	30.3	26.2	26.9											
512	R 右	11.0	12.9	.70	12.4	11.9		.65	NS	NS																																																																																																				
	L 左	11.5	13.9		13.2	12.4	1024				R 右	8.1	13.2	.70	8.5	12.0	.65	NS	NS	L 左	8.6	15.0	9.5	11.9	2048	R 右	9.9	15.6	.70	9.1	12.2	.65	*	**	L 左	13.0	18.2	13.1	13.6	4096	R 右	25.6	22.5	.75	15.8	15.6	.73	SUGG	**	L 左	29.5	24.8	19.2	17.1	8192	R 右	21.7	26.1	.80	16.8	22.9	.78	NS	SUGG	L 左	25.1	28.9	19.9	24.9	9747	R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8	.75	NS	NS	L 左	32.0	30.3	26.2	26.9																										
1024	R 右	8.1	13.2	.70	8.5	12.0		.65	NS	NS																																																																																																				
	L 左	8.6	15.0		9.5	11.9	2048				R 右	9.9	15.6	.70	9.1	12.2	.65	*	**	L 左	13.0	18.2	13.1	13.6	4096	R 右	25.6	22.5	.75	15.8	15.6	.73	SUGG	**	L 左	29.5	24.8	19.2	17.1	8192	R 右	21.7	26.1	.80	16.8	22.9	.78	NS	SUGG	L 左	25.1	28.9	19.9	24.9	9747	R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8	.75	NS	NS	L 左	32.0	30.3	26.2	26.9																																									
2048	R 右	9.9	15.6	.70	9.1	12.2		.65	*	**																																																																																																				
	L 左	13.0	18.2		13.1	13.6	4096				R 右	25.6	22.5	.75	15.8	15.6	.73	SUGG	**	L 左	29.5	24.8	19.2	17.1	8192	R 右	21.7	26.1	.80	16.8	22.9	.78	NS	SUGG	L 左	25.1	28.9	19.9	24.9	9747	R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8	.75	NS	NS	L 左	32.0	30.3	26.2	26.9																																																								
4096	R 右	25.6	22.5	.75	15.8	15.6		.73	SUGG	**																																																																																																				
	L 左	29.5	24.8		19.2	17.1	8192				R 右	21.7	26.1	.80	16.8	22.9	.78	NS	SUGG	L 左	25.1	28.9	19.9	24.9	9747	R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8	.75	NS	NS	L 左	32.0	30.3	26.2	26.9																																																																							
8192	R 右	21.7	26.1	.80	16.8	22.9		.78	NS	SUGG																																																																																																				
	L 左	25.1	28.9		19.9	24.9	9747				R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8	.75	NS	NS	L 左	32.0	30.3	26.2	26.9																																																																																						
9747	R 右	29.8	29.4	.81	24.0	25.8		.75	NS	NS																																																																																																				
	L 左	32.0	30.3		26.2	26.9																																																																																																								

TOTAL SUBJECTS: MALE 男性 258

FEMALE 女性 325

**Highly Significant $P \leq .01$ 高度に有意
 *Significant $.01 < P \leq .05$ 有意
 Sugg Suggestive $.05 < P \leq .10$ 有意の可能性
 NS Not Significant $.10 < P$ 有意でない

FIGURE 3 HEARING LEVEL IN DECIBELS BY AGE, SEXES COMBINED

図3 年齢別聴力(男女合計)

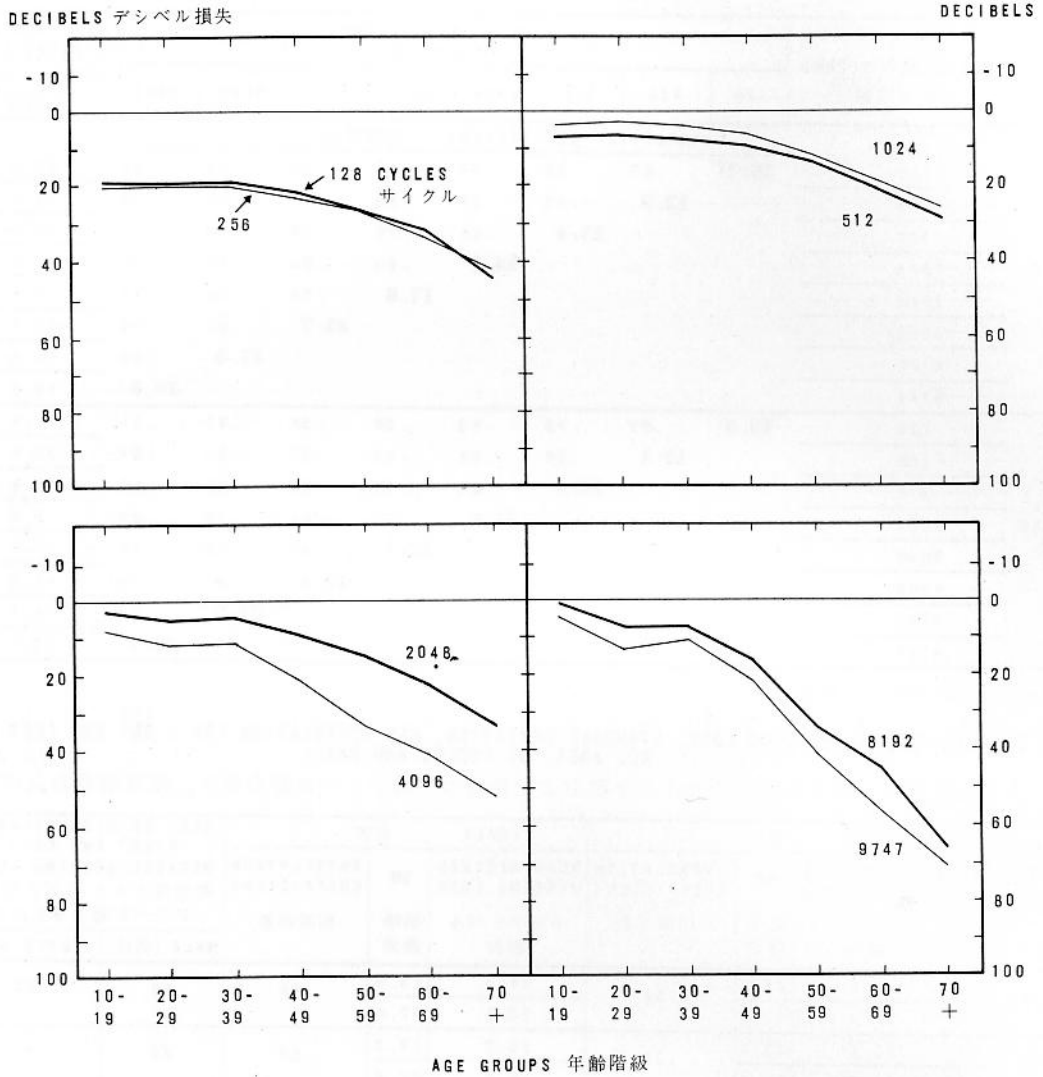


TABLE 7 CORRELATION RATIOS MEAN DECIBEL HEARING LOSS AND AGE, NONEXPOSED SUBJECTS BY CYCLES, SEXES COMBINED

表7 非被爆者におけるサイクル別に見たデシベル聴力損失と年齢との相関比(男女合計)

CYCLES PER SECOND サイクル数	CORRELATION RATIO 相関比
128	.45
256	.46
512	.50
1024	.54
2048	.57
4096	.65
8192	.70
9747	.72

TABLE 8 MEAN DECIBEL HEARING LOSS AT SELECTED CYCLES, EXPOSED AND NONEXPOSED SUBJECTS, BY AGE AND SEX

表8 特定のサイクル数における被爆者と非被爆者の年齢別および性別平均デシベル聴力損失

SEX 性	AGE 年齢	SUBJECTS 被検者数		MEAN DECIBEL HEARING LOSS 平均デシベル聴力損失					
		EXPOSED 被爆者	NONEXPOSED 非被爆者	512 CYCLES サイクル			8192 CYCLES サイクル		
				EXPOSED 被爆者	NONEXPOSED 非被爆者	TEST OF † SIGNIFICANCE 有意性テスト	EXPOSED 被爆者	NONEXPOSED 非被爆者	TEST OF † SIGNIFICANCE 有意性テスト
MALE 男性	10-19	7	14	7.9	7.0	NS	1.8	-1.2	NS
	20-29	16	17	5.8	4.0	NS	8.0	7.1	NS
	30-39	24	29	7.6	6.6	NS	9.7	8.7	NS
	40-49	16	27	5.2	6.5	NS	10.0	17.9	*
	50-59	23	28	15.2	12.5	NS	30.3	35.4	NS
	60+	27	30	21.1	22.8	NS	48.4	55.3	NS
FEMALE 女性	10-19	10	23	5.8	7.0	NS	-2.0	2.2	NS
	20-29	18	23	8.6	9.1	NS	5.8	5.8	NS
	30-39	50	28	9.8	8.4	NS	6.0	4.9	NS
	40-49	38	25	11.1	11.8	NS	15.9	14.3	NS
	50-59	39	24	17.6	14.6	NS	32.2	32.0	NS
	60+	22	25	23.6	23.0	NS	52.6	44.2	NS
TOTAL SUBJECTS: 合計 被検者数		EXPOSED 113 被爆者	MALE, 177 男	FEMALE 女	NONEXPOSED 145 非被爆者		MALE, 148 男	FEMALE 女	

† Footnote Table 6. 注: 表6

exposed group was divided by distance from hypocenter into those exposed under 1400 meters and those exposed in the range 1400-1999 meters. Comparisons of these two groups by age and sex are shown in Table 9. If the hearing of the heavily exposed survivors had been more affected than that of the lightly exposed, the mean decibel loss of the group under 1400 meters would be larger than that of the 1400-1999 meter group. Table 9 does not show such a tendency. However, the sample size is small.

DISCUSSION

Audiometric studies were conducted for a group of atomic bomb irradiated and nonirradiated subjects in Hiroshima as part of a general study of the relationship of physiologic indications of age to total body irradiation. As anticipated, audiometric readings correlated well with age, but other sources of variation in the data were apparent. Sex differences were quite obvious, with females having better hearing than males. Audiometric values for the

が、他の周波数においても同様な成績が見られた。被爆者は爆心地からの距離により1400m未満の被爆者と1400-1999mの被爆者とに分けた。この2つの群の年齢別および性別比較を表9に示した。もし、強度の放射線を受けた者の聴力に対する影響が、軽度の放射線を受けた者のそれよりも大きいとすれば、1400m未満の群の平均デシベル損失は1400-1999mの群よりも大きい筈である。表9ではそのような傾向は見られない。しかしサンプルの大きさは小さい。

考 按

年齢の生理的指標と全身照射との関係についての全般的研究の1つとして広島で原子爆弾被爆者と非被爆者の1集団について聴力調査を行なった。予想していたように、聴力測定の結果は年齢との相関は高いが、測定結果にはその他の原因による差異が認められた。すなわち男女の差は極めて明瞭であり、聴力は男性よりも女性の方が良好であった。右耳の聴力は一貫して左耳よりも良好

TABLE 9 MEAN DECIBEL HEARING LOSS AT SELECTED CYCLES, EXPOSED SUBJECTS, BY AGE AND DISTANCE FROM HYPOCENTER

表9 特定のサイクル数における被爆者の年齢および爆心地からの距離別に見た平均デシベル聴力損失

SEX 性別	AGE 年齢	SUBJECTS 被検者数		MEAN DECIBEL HEARING LOSS 平均デシベル聴力損失			
		0-1399m	1400-1999m	512 CYCLES サイクル		8192 CYCLES サイクル	
				0-1399m	1400-1999m	0-1399m	1400-1999m
MALE 男性	10-19	4	3	5.6	10.8	0.6	3.3
	20-29	8	8	4.4	7.2	4.7	8.8
	30-39	23	1	7.8	2.5	9.8	7.5
	40-49	14	2	4.3	11.2	10.0	10.0
	50-59	18	5	11.9	27.0	28.9	35.5
	60+	21	6	20.8	22.1	45.4	59.2
FEMALE 女性	10-19	4	6	5.6	5.8	-0.6	-2.9
	20-29	11	7	9.3	7.5	10.0	-0.7
	30-39	29	21	9.6	10.0	6.1	5.8
	40-49	25	13	10.5	12.3	14.9	17.7
	50-59	25	14	18.8	15.5	33.9	29.3
	60+	11	11	24.3	23.0	57.3	48.0

right ear were consistently better than those for the left ear, but whether this represents true 'right-earedness' or simply the testing sequence cannot be interpreted from the available data.

The irradiated group, consisting of those having major symptoms of acute radiation illness in 1945, undoubtedly comprises a sample of survivors who received large radiation doses. Although simple comparison of the data in the exposed versus the nonexposed gave no hint of audiometric differences, analyses for radiation effect were further refined by comparing those exposed within 1400 meters of the hypocenter with those between 1400-1999 meters. With this refinement, no changes were apparent, but the sample size was too small to detect any but gross physiological changes due to radiation.

Several tests of physiologic processes that vary with age have now been studied in exposed and nonexposed subjects who comprise the Adult Health Study being conducted by ABCC. No single test has revealed differences related to atomic bomb irradiation, but it is planned to select a battery of tests to measure

であったが、このことが果して“右耳利き”を示すのか、または単に検査の順序によってそのようになったものかについてはこの調査だけでは断定ができない。

被爆者群は1945年に急性放射線疾患の主要症状があった者で構成されているので、多量の放射線を受けた被爆者サンプルであることは間違いない。被爆者と非被爆者の測定結果を簡単に比較しただけでは聴力の相違は全然見られないが、放射線の影響に関する解析を一層精密なものにするため、爆心地点より1400m 以内の被爆者と、1400-1999m の被爆者とを比較した。しかし、このように区分しても何等変化は見受けられなかったが、サンプルの大きさが小さすぎて単に放射線による肉眼的な生理変化以外には何も発見できなかった。

A B C C で目下実施中の成人健康調査の構成員である被爆者および非被爆者について年齢による生理的变化の調査がいくつか行なわれている。そのいずれにおいても原子爆弾の放射線に関係のある差異はまだ発見されていないが、一連の検査

physiologic aging. Assignment of a physiologic age on the basis of these combined tests should prove much more sensitive than single tests in detecting irradiation induced aging acceleration, if such a process actually occurs in humans. More important, perhaps, such a study carried out over many years should yield information on the validity of the concept of physiologic age as compared to chronologic age, and delineate the tests of greatest value in determining physiologic age. Audiometry seems to vary sufficiently with age to warrant its inclusion in a final battery of aging tests.

SUMMARY

Audiometry observations were analyzed for 290 irradiated survivors of the 1945 atomic bomb in Hiroshima and in 293 nonirradiated subjects. The study was undertaken in order to determine the age changes in audiology in irradiated and nonirradiated subjects as well as to investigate the pattern of hearing levels in a Japanese population for comparison with patterns in Caucasians.⁶ The following statistical observations were made.

Correlation between hearing levels for right and left ear.

Correlation between hearing levels at various cycles.

Changes in hearing levels by age and sex.

The relation between age and decibel loss was not linear and correlation ratios with age were 0.45-0.72.

Audiometry seems to be of some value as one of a battery of tests of physiologic aging designed for detection of irradiation induced nonspecific aging acceleration.

In this relatively small sample, no differences in hearing acuity were detected in the atomic bomb survivors as compared with the control sample.

を選んで、これによって生理的加齢の測定を行なう計画がある。もし放射線による加齢促進が実際に人間に起るものとすれば、それを発見するには1つ1つの検査についてよりも、それらを総合したほうが生理年齢をよりよく観察できるはずである。もっと重要なことは、長年月にわたってそのような調査を続けて行なえば、暦年齢に対する生理年齢という考え方の妥当性について何等かの資料が得られることになり、生理年齢を調べるのに最も役立つ検査はどのようなものかを知り得ると思う。聴力測定の結果には年齢による差は極めて有意なものがあったので、聴力検査を最終的な加齢検査の1つに加える価値は十分あると思う。

総 括

1945年に広島原爆に被爆した290名の人々と非被爆者293名について行なった聴力検査の結果を解析した。この調査は、被爆者と非被爆者について年齢による聴力の変化を調べ、併せて日本人とコーカサス人との聴力の相違を比較するために行なったのである。⁶ 観察の内容は次の如くである。

右耳と左耳の聴力の相関

各サイクルにおける聴力の相関

聴力の年齢および性別変化

年齢とデシベル損失との関係は直線的でなく、年齢との相関比は0.45—0.72であった。

放射線による非特異的加齢促進の発見を目的とする加齢に関する生理的検査の1つとして、聴力調査はかなりの価値があると思う。

この比較的小さいサンプルでは被爆生存者と非被爆者との間に聴力の差は検出されなかった。

REFERENCES

参考文献

1. Warren, S.: Longevity and cause of death from irradiation in physicians. JAMA 162: 464-468, 1956.
(医師の寿命と放射線照射による死因)
2. Blair, H.A.: Data Pertaining to Shortening of Life Span by Ionizing Radiation, USAEC Unclassified report, UR 442, 1956.
(電離放射線による寿命短縮に関する資料)
3. Seltser, R., Sartwell, P.E.: Ionizing radiation and longevity of physicians. JAMA 166: 585-587, 1958.
(電離放射線と医師の寿命)
4. Hollingsworth, J.W., Beebe, G.W.: Adult Health Study, provisional research plan. ABCC TR 09-60.
(成人健康調査, 暫定研究計画)
5. Saltzman, M.: Clinical Audiology. New York, Grune & Stratton. 1949.
(臨床聴覚学)
6. de la Rosee, von B.G.: Untersuchungen über das normale Hörvermögen in den verschiedenen Lebensaltern unter besonderer Berücksichtigung der Prüfung mit dem Audiometer. Laryn Rhin Otologie 32: 414-420, 1953.
(各年齢層における正常聴力の研究, 特に聴力計を使用した検査について)